

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Motor Bakar Torak

Motor bakar torak merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai. Dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi energi mekanik. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Mesin yang bekerja dengan cara seperti tersebut disebut mesin pembakaran dalam. Adapun mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses pembakaran di luar disebut mesin pembakaran luar. Sebagai contoh mesin uap, dimana energi kalor diperoleh dari pembakaran luar, kemudian dipindahkan ke fluida kerja melalui dinding pemisah.

Keuntungan dari mesin pembakaran dalam dibandingkan dengan mesin pembakaran luar adalah kontruksinya lebih sederhana, tidak memerlukan fluida kerja yang banyak dan efisiensi totalnya lebih tinggi. Sedangkan mesin kerja yang pembakaran luar keuntungannya adalah bahan bakar yang digunakan lebih beragam, mulai dari bahan bakar padat sampai bahan bakar gas, sehingga mesin pembakaran luar banyak dipakai untuk keluaran daya yang besar dengan bahan bakar murah. Pembangkit tenaga listrik banyak menggunakan mesin uap. Untuk kendaraan transport mesin uap tidak banyak dipakai dengan pertimbangan kontruksinya yang besar dan memerlukan fluida kerja yang banyak.

### 2.1.1 Siklus Kerja Motor Bakar Torak 4 Langkah

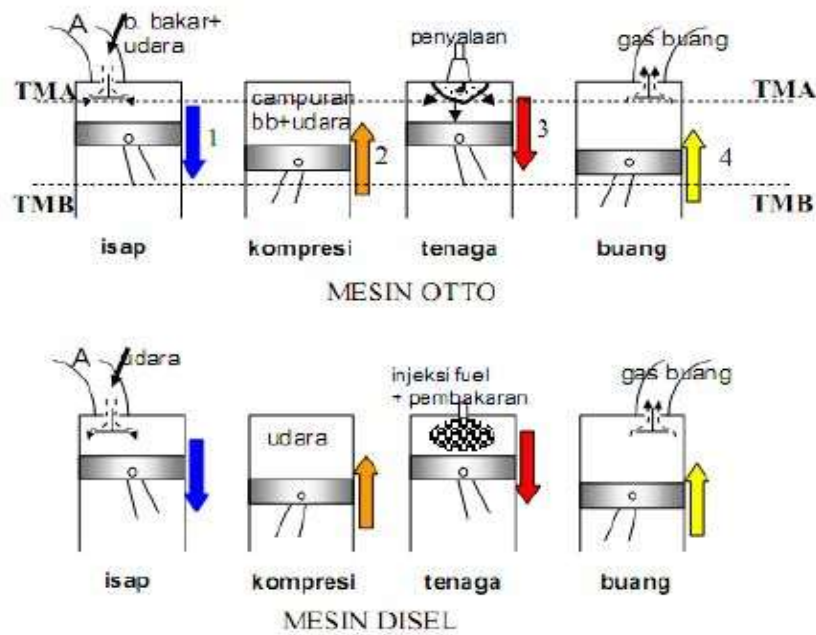
Motor bakar torak bekerja melalui mekanisme langkah yang terjadi berulang-ulang atau periodik sehingga menghasilkan putaran pada poros engkol. Sebelum terjadi proses pembakaran di dalam silinder, campuran udara dan bahan bakar harus dihisap dulu dengan langkah hisap. Pada langkah ini, piston bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) menuju TMB (Titik Mati Bawah), katup isap terbuka sedangkan katup buang masih tertutup.

Setelah campuran bahan bakar udara masuk silinder kemudian dikompresi dengan langkah kompresi, yaitu piston dari TMB menuju TMA, kedua katup isap dan buang tertutup. Karena dikompresi volume campuran menjadi kecil dengan tekanan dan temperatur naik, dalam kondisi tersebut campuran bahan-bakar udara sangat mudah terbakar. Sebelum piston sampai TMA campuran dinyalakan terjadilah proses pembakaran menjadikan tekanan dan temperatur naik, sementara piston masih naik terus sampai TMA sehingga tekanan dan temperatur semakin tinggi. Setelah sampai TMA kemudian torak didorong menuju TMB dengan tekanan yang tinggi, katup isap dan buang masih tertutup.

Selama piston bergerak menuju dari TMA ke TMB yang merupakan langkah kerja atau langkah ekspansi. Volume gas pembakaran bertambah besar dan tekanan menjadi turun. Sebelum piston mencapai TMB katup buang dibuka, katup masuk masih tertutup. Kemudian piston bergerak lagi menuju ke TMA mendesak gas pembakaran keluar melalui katup buang.

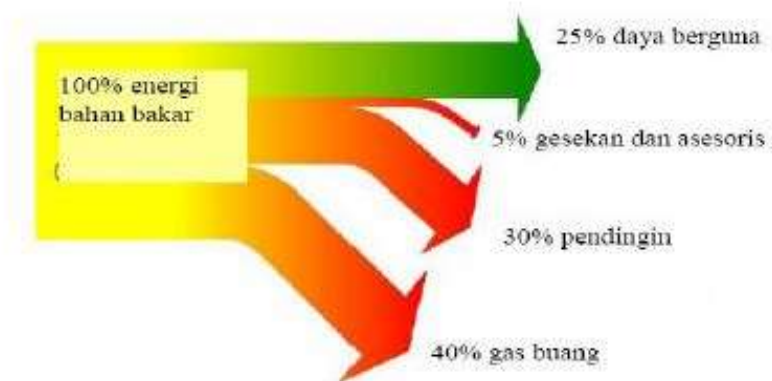
Proses pengeluaran gas pembakaran disebut dengan langkah buang. Setelah langkah buang selesai siklus lagi dari langkah isap dan seterusnya. Piston bergerak dari TMA – TMB – TMA – TMB – TMA membentuk satu siklus.

Ada satu langkah tenaga dengan dua putaran poros engkol. Motor bakar yang bekerja dengan siklus lengkap tersebut diklasifikasikan masuk golongan motor 4 langkah. (Lihat gambar 2.1)



Gambar 2.1 Golongan motor 4 langkah

Pada motor bakar tidak mungkin mengubah semua energi bahan bakar menjadi daya berguna. Dari gambar terlihat daya berguna bagiannya hanya 25% yang artinya mesin hanya mampu menghasilkan 25% daya berguna yang bisa dipakai sebagai penggerak dari 100% bahan bakar. Energi yang lainnya dipakai untuk menggerakkan asesoris atau peralatan bantu, kerugian gesekan dan sebagian terbuang ke lingkungan sebagai panas gas buang dan melalui air pendingin.



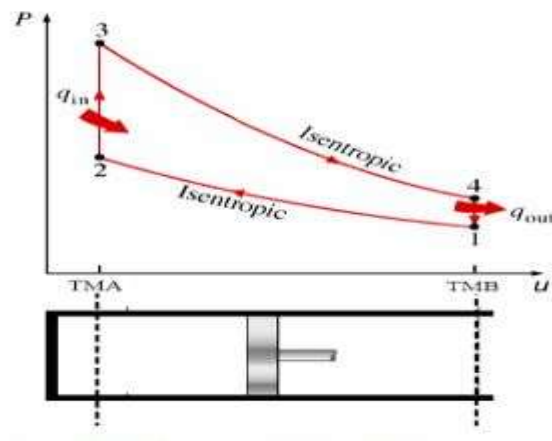
Gambar 2.2 Keseimbangan Energi Pada Motor Bakar SIE

### 2.1.2 Siklus Ideal dan Siklus Aktual Motor Bensin 4 Langkah

Proses teoritis (ideal) motor bensin adalah proses yang bekerja berdasarkan siklus otto dimana proses pemasukan kalor berlangsung pada volume konstan. Beberapa asumsi yang ditetapkan dalam hal ini adalah:

- 1) Kompresi berlangsung isentropis;
- 2) Pemasukan kalor pada volume konstan dan tidak memerlukan waktu;
- 3) Ekspansi isentropis;
- 4) Pembuangan kalor pada volume konstan;
- 5) Fluida kerja udara adalah dengan sifat gas ideal dan selalama proses, Panas jenis konstan.

Efisiensi siklus aktual jauh lebih rendah dibandingkan dengan siklus teoritis karena berbagai kerugian pada operasi mesin secara aktual yang disebabkan oleh beberapa kasus penyimpangan.



Sumber : Widodo, rahmat doni (2008:13)

Gambar 2.3 Siklus Ideal Motor Bakar 4 Langkah

Keterangan :

0-1 : Pemasukan BB pd P konstan

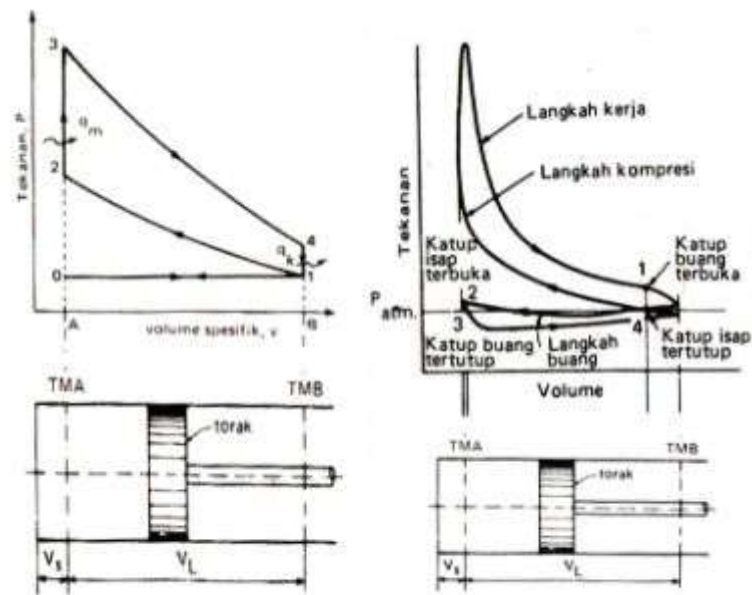
1-2 : Kompresi Isentropis

2-3 : Pemasukan kalor pd V konstan

3-4 : Ekspansi Isentropis

4-1 : Pembuangan kalor pd V konstan

1-0 : Pembuangan gas buang pd P konstan



Gambar 2.4 Perbandingan Siklus Ideal dan Aktual Mesin Bensin

Beberapa penyimpangan dari siklus ideal terjadi karena beberapa faktor yaitu:

- Kebocoran fluida kerja karena penyekatan oleh cincin torak dan katup yang tidak dapat sempurna;
- Katup tidak dapat terbuka dan tertutup tepat pada saat TMA (Titik Mati Atas) dan TMB (Titik Mati Bawah) karena pertimbangan dinamika mekanisme katup dan kelembaman fluida kerja, kerugian itu dapat diperkecil bila saat pembukaan dan penutupan katup disesuaikan besarnya beban dan kecepatan torak;
- Fluida kerja bukanlah udara yang dapat dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik yang konstan selama proses siklus berlangsung;
- Pada motor bakar yang sebenarnya, pada waktu torak berada di TMA (Titik Mati Atas) tidak terdapat proses pemasukan kalor seperti pada siklus udara. Pemasukan kalor disebabkan oleh proses pembakaran antara bahan bakar dan udara dalam silinder;

- e. Proses pembakaran memerlukan waktu untuk memulai pembakaran. Pembakaran berlangsung pada volume ruang bakar yang berubah-ubah karena gerakan torak. Dengan demikian, proses pembakaran harus dimulai beberapa derajat sudut engkol sesudah torak kembali bergerak kembali ke TMA (Titik Mati Atas) menuju TMB (Titik Mati Bawah). Jadi pembakaran tidak dapat berlangsung pada volume dan tekanan konstan. Kenyataan pembakaran tidak pernah terjadi pada kondisi sempurna ;
- f. Terjadi kerugian kalor yang disebabkan karena perpindahan kalor fluida kerja ke fluida pendingin terutama pada langkah kompresi, ekspansi dan gas buang meninggalkan silinder, perpindahan kalor tersebut dikarenakan perbedaan temperature antara fluida kerja dengan fluida pendingin;
- g. Terdapat kerugian energi kalor yang dibawa oleh gas buang dari dalam silinder ke atmosfer sekitarnya. Energi tersebut tidak dapat dimanfaatkan untuk melakukan kerja mekanik;
- h. Terdapat kerugian energi karena gesekan antara fluida kerja dengan dinding salurannya.

## **2.2 Unjuk Kerja Mesin Otto**

Tujuan utama dalam menganalisa unjuk kerja adalah untuk memperbaiki keluran kerja dan keandalan dari mesin. Pengujian dari suatu motor bakar adalah untuk mengetahui kinerja dari motor bakar itu sendiri.

Parameter yang akan dibahas untuk mengetahui kinerja mesin dalam motor empat langkah adalah:

1. Torsi (N.m);

2. Daya (HP);
3. Fuel Consumption (kg / hp.jam);

### 2.2.1 Torsi (T)

*Torsi* merupakan gaya putar yang dihasilkan oleh poros mesin. Besarnya *Torsi* dapat diukur dengan menggunakan alat *dynamometer*. Besarnya *Torsi* dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$T = I.a [N.m] \dots \dots \dots (1)$$

Dengan

T = Momen gaya yang dihasilkan (N.m)

I =  $\frac{1}{2} M.r^2$  = inersia roller (N/m<sup>2</sup>)

$\alpha$  = percepatan sudut (rad/sec<sup>2</sup>)

### 2.2.2 Daya Efektif (Ne)

Daya efektif merupakan daya yang dihasilkan oleh poros engkol untuk menggerakkan beban. Daya efektif ini dibangkitkan oleh daya indikasi yaitu suatu daya yang dihasilkan torak. Daya efektif didapatkan dengan mengalikan *Torsi* (T) dengan kecepatan anguler poros ( $\omega$ ) dengan persamaan sebagai berikut :

$$Ne = T . \omega = \frac{T.2.\pi.n}{60.75} = \frac{T.n}{716,2} \text{ (HP)} \dots \dots \dots (2)$$

$$60.75 \quad 716,2$$

Dengan

Ne = daya efektif (HP)

T = Torsi (N m)



$\omega$  = kecepatan angular poros (rad. Detik<sup>-1</sup>)

$n$  = putaran poros engkol (Rpm)

### 2.2.3 FC(Fuel Consumption)

Konsumsi bahan bakar (FC) menyatakan laju konsumsi bahan bakar pada suatu motor bakar torak. Pada umumnya dinyatakan dalam jumlah massa bahan bakar persatuan keluaran daya, atau dapat juga didefinisikan dengan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh motor bakar untuk menghasilkan tenaga sebesar 1 Hp dalam waktu satu jam. Semakin tinggi nilai FC maka keekonomisan penggunaan bahan semakin rendah. Rumus konsumsi bahan bakar sebagai berikut :

$$FC = \frac{3.6 \cdot V}{T} \dots \dots \dots (\text{Kg/1})$$

Keterangan :

$V$  = Volume (ml)

= massa jenis bensin (0,7356 Kg/1)

$T$  = waktu (s)

### 2.3 Sistem Pengapian

Sistem pengapian dalam motor bakar bensin merupakan piranti yang sangat penting, karena pengapian merupakan suatu awal dari terciptanya usaha dalam silinder. Saat pengapian harus dipilih sedemikian rupa sehingga motor memberikan daya terbesar dan pembakaran berlangsung tanpa pukulan. Penghentian pembakaran gas sebaiknya terjadi pada akhir langkah kompresi atau sedikit sesudahnya. Ini disebabkan oleh pengembangan gas terbesar akibat

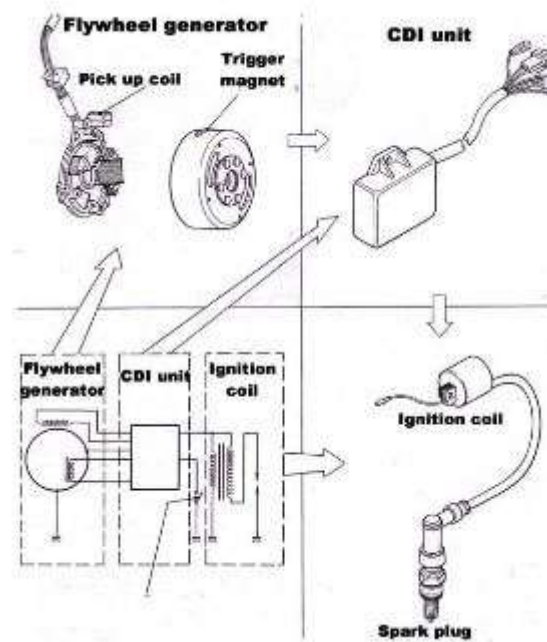
suhu tinggi harus terjadi pada volume terkecil, sehingga piston mendapatkan tekanan besar.

Pembakaran terjadi di ruang bakar oleh busi yang memercikkan bunga api selanjutnya api membakar campuran bahan bakar dan merambat keseluruhan ruang bakar dengan kecepatan tetap. Besarnya kecepatan ini biasanya antara 15 sampai 20 m/s dan disebut nyala api rata-rata (*rate of flame propagation*). Tetapi pada kenyataannya ada waktu yang diperlukan antara saat percikan api dari busi dengan saat awal penyebaran api, hal ini disebut dengan keterlambatan pembakaran (*ignition delay*).

Sistem pengapian pada motor bensin terdapat dua jenis, yaitu sistem pengapian baterai (DC) dan sistem pengapian magneto (AC).

### **2.3.1 Sistem Pengapian CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) – AC**

Sistem CDI (*Capacitor Discharge Ignition*)-AC pada umumnya terdapat pada sistem pengapian elektronik yang suplai tegangannya berasal dari source coil (koil pengisi/sumber) dalam flywheel magnet (*flywheel generator*). Contoh ilustrasi komponen-komponen CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) - AC seperti gambar: 2.4 dibawah ini.



Gambar 2.5 Ilustrasi Komponen CDI-AC

Pada saat magnet permanen (dalam *flywheel magnet*) berputar, maka akan dihasilkan arus listrik AC dalam bentuk induksi listrik dari source coil. Arus ini akan diterima oleh CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) unit dengan tegangan sebesar 100 sampai 400 volt. Arus tersebut selanjutnya dirubah menjadi arus setengah gelombang (menjadi arus searah) oleh diode, kemudian disimpan dalam kondensator (kapasitor) dalam CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) unit.

Akibat induksi diri dari kumparan primer tersebut, kemudian terjadi induksi dalam kumparan sekunder dengan tegangan sebesar 15 KV sampai 20 KV. Tegangan tinggi tersebut selanjutnya mengalir ke busi dalam bentuk loncatan bunga api yang akan membakar campuran bensin dan udara dalam ruang bakar.

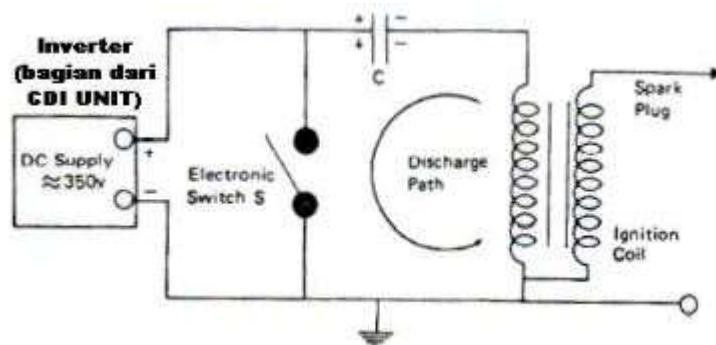
Terjadinya tegangan tinggi pada koil pengapian adalah saat koil pulsa dilewati oleh magnet, ini berarti waktu pengapian (*Ignition Timing*) ditentukan oleh penetapan posisi koil pulsa, sehingga sistem pengapian CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) tidak memerlukan penyetelan waktu pengapian seperti pada

sistem pengapian konvensional. Pemajuan saat pengapian terjadi secara otomatis yaitu saat pengapian dimajukan bersama dengan bertambahnya tegangan koil pulsa akibat kecepatan putaran motor. Selain itu SCR pada sistem pengapian CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) bekerja lebih cepat dari contact breaker (platina)

dan kapasitor melakukan pengosongan arus (*discharge*) sangat cepat, sehingga kumparan sekunder koil pengapian tereduksi dengan cepat dan menghasilkan tegangan yang cukup tinggi untuk memercikan bunga api pada busi.

### 2.3.2 Sistem Pengapian CDI-DC

Sistem pengapian CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) ini menggunakan arus yang bersumber dari baterai. Prinsip dasar CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) - DC adalah seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2.6 Prinsip Dasar CDI-DC

Berdasarkan gambar di atas dapat dijelaskan bahwa baterai memberikan suplai tegangan 12V ke sebuah inverter (bagian dari unit CDI). Kemudian inverter akan menaikkan tegangan menjadi sekitar 350V. Tegangan 350V ini selanjutnya akan mengisi kondensorkapasitor. Ketika dibutuhkan percikan bunga api busi, pick-up koil akan memberikan sinyal elektronik ke *switch* (saklar) S untuk

menutup. Ketika saklar telah menutup, kondensor akan mengosongkan (*discharge*) muatannya dengan cepat melalui kumparan primaer koil pengapian, sehingga terjadilah induksi pada kedua kumparan koil pengapian tersebut.

Jalur kelistrikan pada sistem pengapian CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) dengan sumber arus DC ini adalah arus pertama kali dihasilkan oleh kumparan pengisian akibat putaran magnet yang selanjutnya disearahkan dengan menggunakan Cuprok (*Rectifier*) kemudian dihubungkan ke baterai untuk melakukan proses pengisian (*Charging System*). Dari baterai arus ini dihubungkan ke kunci kontak, CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) unit, koil pengapian dan ke busi.

### **2.3.3 Proses Pembakaran Dalam Motor Bensin**

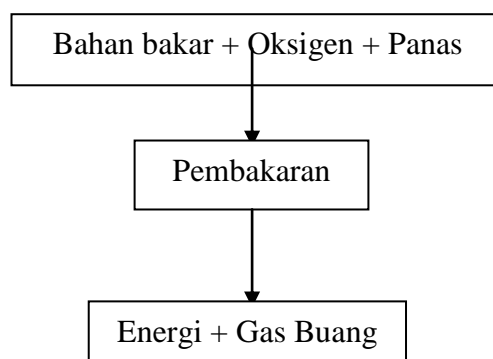
Pudjanarsa dan Nursuhud (2008), dalam motor bensin, bahan bakar umumnya disuplai oleh karburator dan pembakaran dimulai dengan penyalaan elektrik yang diberikan oleh busi. Pembakaran ini akan terjadi dengan batas tertentu pada perbandingan campuran bahan bakar dan udara. Batasan pembakaran ini berhubungan erat dengan perbandingan campuran pada sisi skala miskin dan kaya, bahwa panas yang dibebaskan oleh busi tidak cukup untuk memulai pembakaran bila campuran bahan bakar dan udara melebihi batas tersebut.

Loncatan bunga api terjadi saat torak mencapai TMA sewaktu langkah kompresi. Saat loncatan bunga api biasanya dinyatakan dalam derajat sudut engkol sebelum torak mencapai TMA. Pada pembakaran sempurna setelah penyalaan dimulai, api dari busi menyebar ke seluruh arah dalam waktu yang sebanding, dengan 20 derajat sudut engkol atau lebih untuk membakar

campuran sampai tekanan maksimum. Kecepatan api umumnya antara 10-30 m/dtk. Panas pembakaran pada TMA diubah dalam bentuk kerja dengan efisiensi yang tinggi.

Pembakaran yang tidak sempurna jika campuran lebih gemuk dari campuran teoritis untuk beban ringan, maka akan menghasilkan pembakaran yang tidak sempurna. Dalam hal ini selain menyebabkan pemborosan bahan bakar juga menimbulkan gas buang yang banyak mengandung karbon monoksida (CO) yang beracun. Jadi campuran gemuk dengan perbandingan 1 : 12 sangat cocok untuk menghasilkan penyalaan dan pembakaran bila tenaga maksimum diperlukan. Perbandingan campuran yang lebih kurus dari 1 : 15 akan menghasilkan efisiensi yang rendah serta mengurangi pemakaian bahan bakar jika pembakarannya stabil. Namun jika campuran terlalu kurus maka proses pembakarannya akan berjalan lambat dan tidak stabil.

Syahrani (2006), pembakaran terjadi karena ada tiga komponen yang bereaksi, yaitu bahan bakar, oksigen dan panas. Jika salah satu komponen tersebut tidak ada maka tidak akan timbul reaksi pembakaran. Gambar 2.7 merupakan skema atau gambaran dari reaksi pembakaran sempurna, dimana diasumsikan semua bensin terbakar dengan sempurna perbandingan bahan bakar dan udara 1:14,7.



Perlu juga diketahui bahwa pada umumnya jika dilihat pada prakteknya pembakaran dalam mesin sebenarnya tidak pernah terjadi pembakaran dengan sempurna meskipun mesin sudah dilengkapi dengan sistem kontrol yang canggih. Dalam mesin bensin terbakar ada tiga hal yaitu; bensin dan udara bercampur homogen dengan perbandingan 1:14,7, campuran tersebut dimampatkan oleh gerakan piston hingga tekanan dalam silinder 12 bar sehingga menimbulkan panas, kemudian campuran tersebut terbakar dengan panas yang dihasilkan oleh percikan bunga api busi, dan terjadilah pembakaran pada tekanan tinggi sehingga timbul ledakan dahsyat. Karena pembakaran diawali dengan percikan bunga api busi maka mesin jenis ini disebut mesin pengapian busi.

Syahrani (2006), proses pembakaran mesin bensin tidak terjadi dengan sempurna karena lima alasan sebagai berikut :

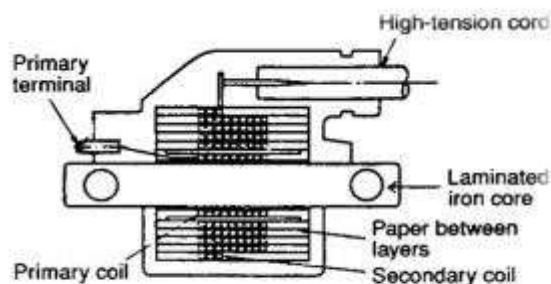
- Waktu pembakaran singkat
- Overlapping katup
- Udara yang masuk tidak murni
- Bahan bakar yang masuk tidak murni
- Kompresi tidak terjamin rapat sempurna

## **2.4 Koil**

Koil merupakan bagian terpenting dalam pengapian pada sebuah mesin karena koil merupakan komponen pengapian yang menentukan baik tidaknya dalam proses pembakaran dalam ruang bakar. Koil difungsikan sebagai pengubah arus tegangan rendah menjadi tegangan tinggi untuk menghasilkan percikan bunga api pada busi dan dilihat dari sudut fungsinya koil merupakan sumber nyata dari tegangan yang dibutuhkan dalam proses pembakaran. Koil

menghasilkan tegangan tinggi dengan prinsip induksi dimana tegangan listrik pada baterai merupakan tegangan rendah 6 – 12 volt dan dinaikan sampai 5.000 – 25.000 volt.

Secara fisik koil dikonstruksi mirip dengan trafo. Pada bagian tengah koil berisi batangan logam yang dilapisi dengan inti besi, sekitar inti dan yang terisolasi dililit dengan penyekat kumparan sekunder (tegangan tinggi) dengan jumlah lilitan kawat tembaga yang sangat tipis dan lebih banyak dari kumparan primer. Dibagian luar dari penyekat dan bagian yang terisolasi dililit penyekat kumparan primer dengan lilitan kawat tembaga yang lebih besar, perbandingan lilitan antara penyekat sekunder dengan kumparan primer adalah 60 sampai dengan 150 lilitan.



Gambar Coil

Gambar 2.7 Skema koil

#### 2.4.1 Koil Standar

Koil pengapian ini digunakan untuk pengapian tegangan tinggi dan pada sepeda motor, koil ini sering disebut dengan koil pengapian AC, dimana sistemnya terjadi arus bolak balik. Guna mengurangi gangguan dari luar konstruksi koil, maka koil tersebut dibungkus dengan plastik yang dicairkan dan dilekatkan dengan konstruksi bentuk standar.





Gambar 2.8 Koil

#### 2.4.2 Koil Racing

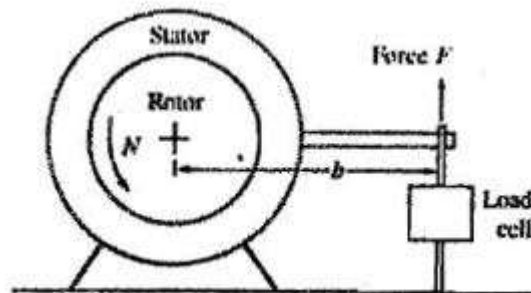
Koil racing memiliki bahan serta bentuk yang sedikit berbeda dengan koil standar dimana koil ini sengaja diciptakan untuk menghasilkan tegangan yang tinggi. Tegangan yang dihasilkan koil ini jauh lebih besar yaitu 10.000 – 25.000 volt.(Boentarto. 2002). Sehingga percikan yang terjadi pada busi jauh lebih besar dan kuat guna menyempurnakan proses pembakaran yang terjadi pada ruang bakar.

Pada dasarnya koil racing dikonstruksikan hampir sama dengan koil standar. Tetapi koil ini memiliki bahan yang berbeda hal ini dapat dilihat pada inti besi dan plastik pembungkus rangkaian yang jelas berbeda.

#### 2.5 Dinamometer

Dinamometer biasanya digunakan untuk mengukur torsi sebuah mesin. Adapapun mesin yang akan diukur torsinya tersebut diletakan pada sebuah testbed dan poros keluaran mesin dihubungkan dengan rotor dynamometer. Prinsip kerja dari sebuah dynamometer dapat dilihat pada gambar 2.6. Rotor

dihubungkan secara elektromagnetik, hidrolis, atau dengan gesekan mekanis terhadap stator yang ditumpu oleh bantalan yang mempunyai gesekan kecil. Torsi yang dihasilkan oleh stator ketika rotor tersebut berputar diukur dengan cara menyeimbangkan stator dengan pemberat, pegas, atau pneumatic.



Gambar 2.9 Prinsip Kerja Dinamometer

Torasi yang dihasilkan mesin adalah :

$$T = F \times b$$

Adapun daya yang dihasilkan mesin atau diserap oleh dynamometer adalah hasil perkalian dari torsi dan kecepatan sudut :

$$P = 2\pi N \times T \times 10^{-3}$$

Dalam satuan SI, yaitu :

T = Torsi (Nm)

P = Daya (kW)

F = Gaya penyeimbang (N)

b = Jarak lengan torsi (m)

N = Putaran kerja (rev/s)

Torsi adalah ukuran dari kemampuan sebuah mesin melakukan kerja sedangkan daya adalah angka dari kerja yang telah dilakukan. Besarnya daya mesin yang diukur seperti dengan yang didiskripsikan di atas dinamakan dengan *brake power*. Daya disini adalah daya yang dihasilkan oleh mesin untuk mengatasi beban, dalam kasus ini adalah sebuah *brake*.

Dalam pengujian mesin konsumsi bahan bakar diukur sebagai aliran massa bahan bakar per unit waktu (mf). konsumsi bahan bakar spesifik/*specific fuel consumption(sfc)* adalah laju aliran bahan bakar per satuan daya. Pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana efisiensi mesin dalam menggunakan bahan bakar untuk menghasilkan daya.

Efisiensi adalah perbandingan antara daya yang dihasilkan per siklus terhadap jumlah *energy* yang disuplai per siklus yang dapat dilepas selama pembakaran. Suplai *energy* yang dapat dilepas selama pembakaran adalah massa bahan bakar yang disuplai per siklus dikalikan dengan harga panas dari bahan bakar (QHV). Harga panas bahan bakar ditentukan dalam sebuah prosedur tes standar dimana diketahui massa bahan bakar yang terbakar sempurna dengan udara dan *energy* dilepas oleh proses pembakaran yang kemudian diserap dengan calorimeter. Pengukuran efisiensi ini dinamakan dengan *fuel conversion efficiency*.