

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1. Tinjauan Pustaka

Campuran bahan bakar etanol memiliki nilai "E" yang menjelaskan persentase bahan bakar etanol didalam campuran tersebut. Misalnya, E85 artinya adalah 85% etanol anhidrat dan 15% bensin. Brasil adalah negara dengan produksi bahan bakar etanol kedua terbesar di dunia, sekaligus pengeksport terbesar bahan bakar etanol. Brasil dan Amerika Serikat memimpin dalam jumlah produksi bahan bakar etanol, kedua negara ini memproduksi 87.8% produksi etanol industri dunia pada tahun 2010. Pada tahun 2010, Brasil memproduksi 26,2 miliar liter (6,92 miliar galon AS) bahan bakar etanol, 30,1% dari jumlah etanol dunia yang digunakan untuk bahan bakar (*Nature, 2005*).

Campuran bahan bakar berupa E10 atau kurang dari E10 telah digunakan dilebih dari 20 negara di dunia tahun 2011, dipimpin oleh Amerika Serikat. Hampir semua bensin yang dijual di Amerika Serikat pada tahun 2010 telah dicampur dengan etanol dengan kandungan 10%. Campuran etanol E20 sampai E25 telah digunakan di Brasil sejak akhir 1970-an. Etanol E85 biasanya digunakan di Amerika Serikat dan Eropa untuk kendaraan bahan bakar fleksibel (*Riberio dkk, 1997*)

Dalam produksi etanol di negara negara maju di dunia dapat terlihat pada tabel 2.1 berikut ini.

TABEL 2.1 Produksi Etanol Dunia oleh Negara ( dalam juta galon)

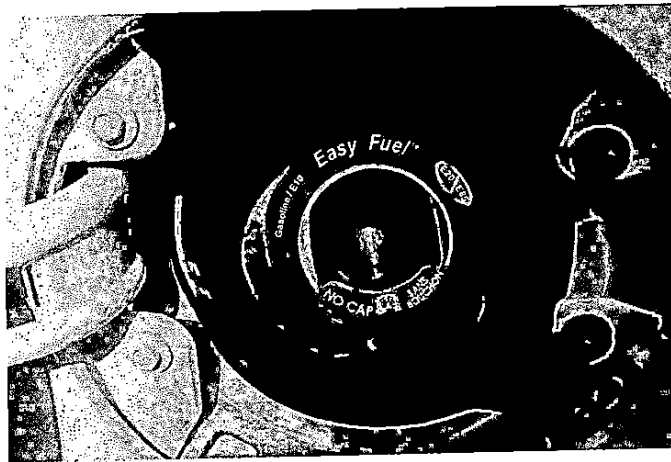
Nama negara	Tahun				
	2008	2009	2010	2011	2012
Brazil	4.988	5.238	26.200	5.739	5.990
USA	6.198	6.858	6.921	8.178	8.888
China	1.075	1.101	1.128	1.154	1.181
India	531	551	571	591	611
Perancis	285	301	317	333	349
Spayol	168	184	200	227	249
Jerman	319	381	444	506	569
Kanada	250	276	322	368	314
Indonesia	76	84	92	100	108
Italia	50	53	55	58	60
Dunia	16.215	17.574	18.934	20.293	21.653

(Sumber: Data diolah dari *Market Research Analyst 2008*)

Semua pabrikan otomotif di Brasil telah mengadaptasikan mobil-mobil buatan mereka agar dapat berfungsi dengan baik dengan segala macam campuran bensin ini, E20 sampai E25, yang dihukum lokal mereka dikatakan sebagai "Bensin tipe C". Beberapa kendaraan mungkin tidak akan berfungsi dengan baik kalau konsentrasi etanolnya diperkecil. Mobil ini juga tidak bisa dipakai dengan halus jika menggunakan bensin murni, karena akan menimbulkan gangguan mesin, seperti yang telah diuji cobakan ke negara-negara Amerika Selatan lainnya. Kendaraan bahan bakar fleksibel, mobil yang bisa memakai bahan bakar campuran dari E20-E25 sampai E100, diperkenalkan ke pasar pertengahan tahun

2003. Dibulan Juli 2008, 86% dari kendaraan ringan yang terjual di Brasil adalah berbahan bakar fleksibel, dan hanya 2 pabrikan otomotif saja yang membuat mobil fleksibel mereka bisa menggunakan bensin murni tanpa masalah apapun, yaitu Renault dengan Clio, Symbol, Logan, Sandero, dan Mégane, serta Fiat dengan Siena Tetrafuel. (*Nature, 2005*).

Pemakaian etanol pada kendaraan bermotor ditandai dengan stiker bertanda khusus seperti terlihat pada gambar 2.1 di bawah ini.



Gambar 2.1 Stiker peringatan bahan bakar E10 ( Wikipedia )

Penggunaan bensin yang dicampur dengan etanol pada kendaraan berbahan bakar bensin biasa hanya diperbolehkan dalam kadar yang rendah, hal ini karena etanol bersifat korosif dan dapat merusak beberapa material didalam mesin dan sistem bahan bakar. Untuk mengaplikasikan mesin tersebut harus dikonfigurasi ulang sehingga memiliki rasio kompresi yang tinggi, agar dapat memanfaatkan kelebihan yang dimiliki oleh etanol, yang nantinya bisa berpengaruh pada efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang yang lebih baik. (*Nature, 2005*).

Kerugian yang akan ditimbulkan jika bahan bakar etanol dipakaikan pada kendaraan yang hanya berbahan bakar bensin diantaranya adalah konsumsi bahan bakar yang lebih boros, karat pada logam, kerusakan pada komponen sistem bahan bakar (antara lain plastik dan karetanya). Sistem bahan bakar, injeksi, dan karburator akan buntu, delaminasi pada tangki bahan bakar komposit penumpukan pelitur pada bagian-bagian mesin, rusaknya komponen pada mesin, adanya kandungan air, dan jangka waktu penyimpanan bahan bakar yang lebih rendah. (*Nature*, 2005).

Sugiarto (2002) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa untuk menaikkan angka oktan pada mesin adalah salah satu upaya untuk meningkatkan kualitas bensin. Untuk mendapatkan bensin dengan angka oktan yang cukup tinggi dapat di tempuh dengan beberapa cara antara lain : menggunakan komponen yang beroktan tinggi sebagai bahan bakar, contohnya dengan penambahan alkohol atau menggunakan adiktif peningkat angka oktan.

Apriyanto (2002) melakukan penelitian studi pengaruh perbandingan bahan bakar campuran premium methanol terhadap kinerja motor bensin 4 – langkah 100 cc. Hasil penelitian menunjukkan torsi yang didapat mengalami kenaikan sebesar 7,1 Nm pada putaran 5000 rpm dengan bahan bakar bensin 90 % dan etanol 10 %, daya naik sebesar 3,717 kw. Sedangkan untuk BMEP mengalami kenaikan sebesar 791,110 kpa, untuk AFR naik hingga 24,08 tetapi dengan campuran bensin 80 % dan ethanol 20 %.

Kurniawan (2013) melakukan pengujian penggunaan bahan bakar campuran bensin-etanol dengan kandungan ethanol 5% pada motor 4-langkah 100 cc dengan variasi timing pengapian. Dimana hasil pengujian didapat torsi tertinggi pada CDI *racing* dengan *timing* non-standar pada putaran mesin 3.912 rpm dengan *timing* pengapian  $\pm 37^\circ$  sebelum TMA yaitu sebesar 6,70 N.m. Dengan menggunakan CDI *racing* dengan *timing* non-standar dapat meningkatkan torsi lebih tinggi. Sedangkan untuk pengujian daya tertinggi pada CDI *racing* dengan *timing* non-standar pada putaran mesin 7.560 rpm dengan *timing* pengapian  $\pm$

37° sebelum TMA yaitu sebesar 5,8 HP. Dengan menggunakan CDI *racing* dengan *timing* non-standar dapat meningkatkan daya lebih tinggi.

Yantoro (2013) melakukan pengujian penggunaan bahan bakar campuran bensin-etanol dengan kandungan etanol 10% pada motor 4-langkah 100 cc dengan variasi *timing* pengapian. Hasil pengujian torsi tertinggi dicapai pada kecepatan putaran mesin 3968 RPM dengan sudut pengapian  $\pm 33^\circ$  yaitu 7,28 N.m dalam kondisi motor standar menggunakan CDI *racing timing standar*, dengan menggunakan CDI *racing timing standar* torsi yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan CDI standar. Untuk daya tertinggi dicapai pada kecepatan putaran mesin 7076 RPM dengan sudut pengapian  $\pm 33^\circ$  yaitu sebesar 6 PH dengan kondisi motor standar menggunakan CDI *racing dengan timing standar* daya yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan CDI standar. Untuk pengujian konsumsi bahan bakar *mf* didapat konsumsi bahan bakar pada CDI *racing* lebih cepat mengkonsumsi bahan bakar dibandingkan pada CDI standar, dengan menggunakan CDI *racing timing standar mf* yang diperoleh lebih banyak mengkonsumsi bahan bakar dibandingkan dengan penggunaan CDI standar.

Setiyawan (2007) dalam penelitiannya menjelaskan pemajuan *ignition timing* dan peningkatan *compression ratio* dapat menambah unjuk kerja motor bensin berbahan bakar E-85 bila dibandingkan dengan kondisi standar, meskipun masih dibawah unjuk kerja premium. *Igniting timing* tercapai pada 30\_BTDC sedangkan kompresi rasio tercapai pada kondisi maksimum, yaitu 10,2:1. Berdasarkan variasi *ignition timing* dan *compression ratio* yang diteliti, hasil penelitian menunjukkan bahwa menentukan *ignition timing* yang tepat dapat memberikan perbaikan unjuk kerja motor bensin secara signifikan dibandingkan dengan *compression ratio*, mereduksi CO dan mengkopored emisi HC lebih baik pada sudut pengapian ini.

Margono (2003) melakukan penelitian tentang pengaruh pemakaian campuran bahan bakar premium-etanol terhadap unjuk kerja motor empat langkah. Hasil penelitian menunjukkan pada campuran E10% terjadi kenaikan yang signifikan sebesar : torsi lebih besar 7,6%, daya lebih besar 7,8%, tekanan efektif rata-rata lebih besar 7,87% konsumsi bahan bakar spesifik lebih kecil 14,2% dan efisiensi termal lebih besar 7,1% bila dibandingkan penggunaan premium murni.

## **2.2.Dasar Teori**

### **2.2.1 Motor Bakar Torak**

Motor bakar torak adalah mesin pembakaran dalam atau *internal combustion engine* (ice) dimana pada saat sekarang ini digunakan untuk berbagai keperluan terutama dibidang transportasi darat. Hampir semua transportasi terutama yang beroperasi di darat menggunakan motor bakar torak sebagai proses penggerakannya.

Motor bakar torak sendiri terbagi menjadi dua jenis yaitu motor bensin dan motor disel. Perbedaan spesifik terletak pada sistem penyalanya, bahan bakar pada motor bakar otto dinyalakan oleh loncatan api listrik diantara kedua elektroda busi karena itu motor otto dinamakan *spark ignition engines*. Sedangkan pada motor disel sering disebut *Compression ingnitinon engines*.

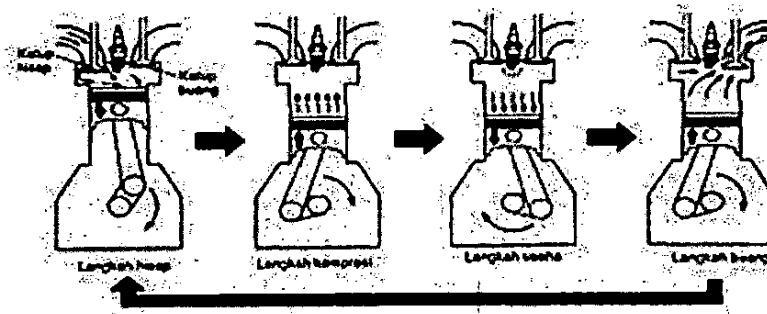
Didalam motor disel yang sering disebut *Compression ingnitinon engines*, terjadi proses penyalanya sendiri, yaitu karena bahan bakar disemprotkan kedalam silinder berisi udara yang bertemperatur dan bertekanan tinggi (Arismunandar, 1988).

### **2.2.2. Motor Bakar Torak 4 langkah**

Pada proses motor 4 langkah, proses pembakaran dalam motor bakar torak tidak terjadi secara terus menerus, tetapi terjadi secara periodik. Dimana sebelum

terjadi proses pembakaran berikutnya harus dibuang, kemudian silinder diisi lagi dengan campuran bahan bakar dan udara (pada motor otto) (Otto,1876).

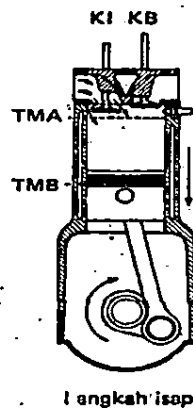
Pada proses ini sistem kerja motor 4 langkah berulang terus menerus seperti terlihat pada gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2.Siklus motor 4 Langkah  
(PT.TOYOTA-Astra motor,1995)

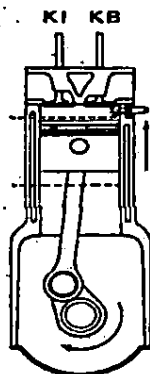
Pada motor 4 langkah terjadi 4 siklus

- a. Langkah hisap (intake) proses ini terjadi pada saat gerakan piston (torak) dari titik mati atas (TMA) menuju titik mati bawah (TMB) akan menghasilkan tekanan yang sangat rendah didalam ruang silinder sehingga campuran bahan bakar udara akan masuk melalui silinder melalui katub masuk yang terbuka saat langkah isap sampai piston (torak) meninggalkan titik mati bawah (TMB), katub buang pada posisi tertutup.Pada proses langkah hisap ini Dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3. Langkah Hisap  
(PT.TOYOTA-Astra motor, 1995)

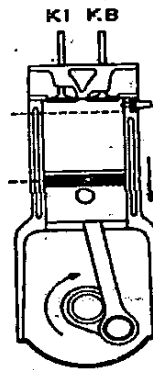
- b. Langkah kompresi (*compression stroke*) pada langkah kedua ini terjadi pada gerakan torak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) setelah langkah isap, dimana katup isap tertutup dan katup buang tertutup, pada saat torak hampir mencapai titik mati atas (TMA) campuran bahan bakar dan udara dibakar akibat percikan api dari busi. Pada langkah ini Dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini .



Gambar 2.4 Langkah kompresi  
(PT.TOYOTA-Astra motor, 1995)



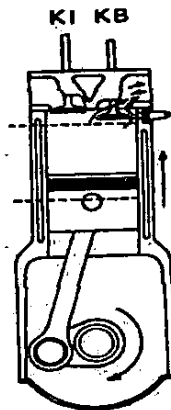
- c. Langkah kerja (*Power stroke*) kedua katub masih tertutup, saat piston mendekati TMA gas di dalam silinder dibakar oleh bunga api dari busi. Hasil pembakaran ini menghasilkan tekanan yang sangat besar dan mendorong piston ke TMB. Gerakan *transelasi* piston diubah menjadi gerakan rotasi poros engkol yang selanjutnya akan menggerakkan kendaraan. Pada langkah ini dapat dilihat pada gambar 2.5 di bawah ni.



Langkah kerja

Gambar 2.5. langkah kerja  
(PT.TOYOTA-Astra motor,1995)

- d. Langkah buang (*Exhaust stroke*) pada langkah ini katub masuk tertutup katub buang terbuka, pada akhir langkah kompresi yaitu pada saat piston dititik mati bawah (TMB), katub buang terbuka piston bergerak dari titik mati bawah ( TMB) ke titik mati atas ( TMA) katub buang tertutup dan katub masuk terbuka langkah isap dimulai lagi. Pada langkah ini dapat dilihat pada gambar 2.6 berikut ini .

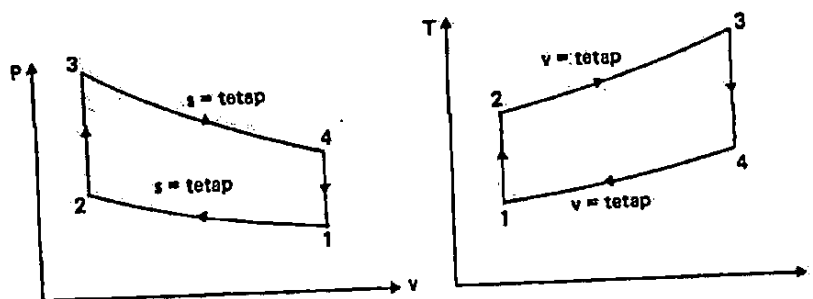


Langkah buang

Gambar 2.6. langkah Buang  
(PT.TOYOTA-Astra motor,1995)

### 2.2.3 Siklus kerja Motor Bakar Bensin 4 Langkah

Siklus ideal volume konstan ini adalah siklus untuk mesin otto, siklus volume konstan sering disebut dengan siklus ledakan (*explosion cycle*) karena secara teoritis proses pembakaran terjadi terjadi sangat cepat dan menyebabkan peningkatan tekanan yang tiba tiba, penyalan untuk proses pembakaran dibantu dengan loncatan bunga api. Nikolaus August Otto menggunakan siklus ini untuk membuat mesin sehingga siklus ini sering disebut dengan siklus otto. Diagram P-v dan T-s siklus Otto dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut ini



Gambar 2.7 Diagram P-V dan T-s siklus Otto  
(Pulkrabek:1975)

Untuk proses urutannya adalah sebagai berikut:

- a. Proses 0 -1 (proses pemasukan ), menghisap udara pada tekanan katup masuk terbuka dan katub buang tertutup. Campuran udara dan bahan bakar masuk kedalam ruang silinder melalui lubang katup masuk .
- b. Proses 1 – 2 (*Compretion isentropic*): Katub isap dan katub buang tertutup, diasumsikan pada proses ini berlangsung secara isentropik (*revesible adiabatic*), piston (*torak*) bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA). Temperatur titik dua lebih besar dari pada temperatur titik satu.
- c. Proses 2 – 3 (proses pembakaran ): Proses penabahan kalor pada volume konstan, temperatur tekanan dan entropy meningkat sistem tidak melakukan atau dikenai kerja sehingga  $W=0$ . Kalor kalor dimasukan ke sistem .
- d. Proses 3 – 4 (*Expansi Isentropic*):Kerja ekspansi dari titik 3 ke titik 4 dari siklus otto juga merupakan proses isentropik, piston (*torak*) bergerak pada titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB). Temperatur dan tekanan (*pressure*) menurun.
- e. Proses 4-1 (proses pembuangan) :Setelah torak mencapai titik mati bawah (TMB) sejumlah kalor dikeluarkan dari dalam silinder sehingga temperatur fluida kerja akan turun. Proses ini berlangsung pada volume konstan.

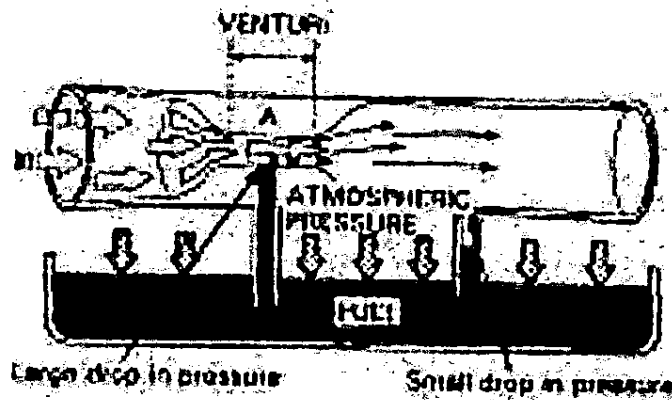
## **2.3. Bahan Bakar**

### **2.3.1 Sistem Bahan Bakar**

Campuran bahan bakar dan udara yang ideal disetiap kondisi kerja kendaraan bermotor memiliki dominan dalam proses pembakaran didalam ruang silinder yang akhirnya akan berpengaruh terhadap emisi gas buang yang dihasilkan .

Sistem bahan bakar pada motor bensin berfungsi untuk : (1) mengabutkan bahan bakar,(2) mencampur bahan bakar dan udara pada komposisi yang tepat sesuai dengan kondisi kerja mesin ( Solikin, 2005).

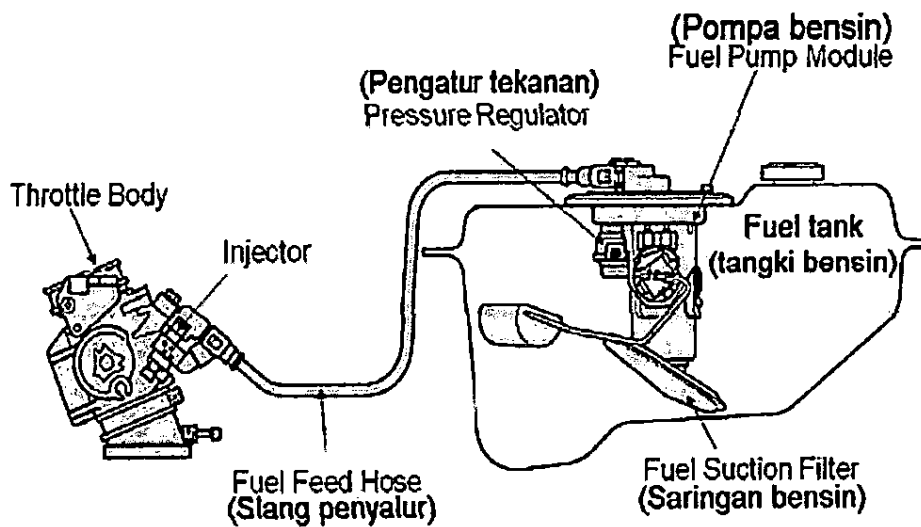
Berdasarkan hal tersebut, penerapan teknologi sistem bahan bakar yang lebih baik diharapkan mampu meningkatkan ketepatan komposisi campuran bahan bakar dan udara sesuai dengan kondisi kerja mesin sehingga proses pembakaran berlangsung lebih baik dan emisi gas buang yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Aplikasi teknologi injeksi bahan bakar elektronik (*Electronic Fuel Injection* (EFI) System) merupakan salah satu upaya meningkatkan kinerja sistem bahan bakar pada motor bensin, untuk menciptakan kendaraan yang rendah emisi. Sistem bahan bakar pada motor bensin secara umum dibedakan menjadi 2 macam, yaitu : (1) sistem karburator, dan (2) sistem injeksi bahan bakar elektronik. Sistem bahan bakar karburator merupakan sistem bahan bakar konvensional yang bekerja secara mekanis. Karburator bekerja memanfaatkan prinsip tekanan negatif. Prinsip kerja karburator seperti diperlihatkan pada gambar 2.8 berikut ini.



Gambar 2.8 Prinsip kerja Karburator  
(suyanto,1989)

Sistem bahan bakar (*fuel system*) terdiri dari bahan beberapa beberapa komponen, yaitu dimulai tangki bahan bakar (*fuel tank*), pompa bahan bakar (*fuel pump*), saringan bahan bakar (*fuel filter*), pipa/slang penyalur (pembagi), pengatur tekanan bahan bakar (*fuel pressure regulator*), dan injektor/penyemprot bahan bakar. Sistem bahan bakar ini berfungsi untuk menyimpan, membersihkan, menyalurkan dan menyemprotkan /menginjeksikan bahan bakar.

Karburator (pada kendaraan yang tidak dilengkapi EFI) menyalurkan ke mesin sejumlah bahan bakar yang dibutuhkan berupa campuran udara dan bahan bakar. Sejumlah gas HC yang timbul di dalam tangki dikurangi oleh charcoal canister (digunakan pada beberapa model). Keseluruhan bagian ini membuat sistem bahan bakar. Bensin dialirkan dari tangki melalui saringan ,selang dan pipa hisap (*suction tube* ). Bensin yang sudah disaring dikirim ke karburator oleh pompa bahan bakar dan karburator mencampurnya dengan udara dengan suatu perbandingan tertentu menjadi campuran udara dan bahan bakar menguap menjadi kabut saat mengalir melalui *intake manifold* ke silinder, seperti diperlihatkan pada gambar 2.9 berikut ini.

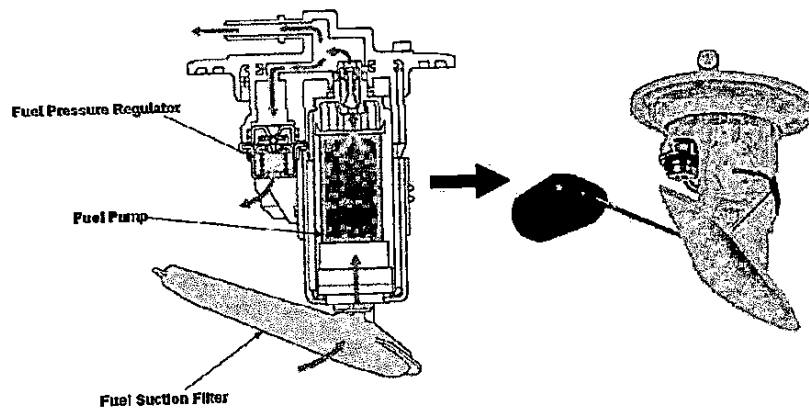


Gambar 2.9 Sistem Bahan Bakar EFI

(Suyanto, 1989)

Pada gambar 2.9 dapat dijelaskan masing masing komponen pada sistem bahan bakar yang meliputi:

- a. *Fuel suction filter*, fungsi alat ini untuk menyaring kotoran yang berada ditanki bagan bakar agar tidak terhisap pada pompa bahan bakar.
- b. *Fuel pump module*, memompa dan mengalirkan bahan bakar dari tangki ke injektor, penyaluran bahan bakar yang tersedia harus lebih banyak dari kebutuhan mesin supaya tekanan dalam sistem bahan bakar dapat beroperasi secara maksimal pada kondisi mesin normal. Seperti diperlihatkan pada gambar 2.10 berikut ini.



Gambar 2.10 Pompa bahan bakar sistem injeksi  
(Suyanto, 1989)

- c. *Fuel pressure regulator* ,untuk mengatur tekanan konsumsi bahan bakar pada sistem bahan bakar, agar aliran bahan bakar dapat mengalir dengan baik .
- d. *Fuel feed hose*; selang untuk mengalirkan bahan bakar dari tangki menuju injektor. Selang dirancang harus tahan tekanan bahan bakar akibat dipompa dengan tekanan minimal sebesar tekanan yang dihasilkan oleh pompa
- e. *Fuel Injector*, menyemprotkan bahan bakar ke saluran masuk (*intake manifold*) dan *throttle body*. Volume penyemprotan disesuaikan oleh waktu pembukaan penyemprotanya yang diatur oleh ECM (*electronic Engine Control Module* ) atau ECU (*Electronic control unit*). Terjadinya penyemprotan pada injektor adalah pada saat ECU memberikan tegangan listrik ke solenoid coil injektor. Dengan pemberian tegangan listrik tersebut solenoid coil akan menjadi magnet sehingga mampu menarik plunger dan mengangkat *needle valve* (katup jarum) dari dudukannya, sehingga saluran bahan bakar yang sudah bertekanan akan memancar keluar dari injektor

### 2.3.2 Bahan Bakar

Bahan bakar (*fuel*) adalah segala sesuatu yang dapat terbakar seperti: batu bara, kertas, kain, minyak tanah, bensin, dan sebagainya. Pembakaran akan terjadi bila mempunyai tiga unsur, yaitu: bahan bakar, oksigen dan suhu lingkungan dimana bahan bakar tersenut berada.

Bahan bakar fosil terbagi menjadi jenis yaitu: bahan bakar padat, bahan bakar cair dan bahan bakar gas. Karakteristik yang paling penting diperlukan dalam pembakaran premium adalah sifat pembakarannya, dalam pembakaran normal, campuran udara dan bahan bakar harus terbakar seluruhnya secara teratur *front* nyala yang menjalar dengan rata dari bunga api dari busi .

### 2.3.3. Premium

Premium adalah bahan bakar fosil yang umum digunakan sebagai bahan bakar untuk kendaraan bermotor. Bahan bakar ini sering disebut juga dengan *gasoline* atau *petrol*. Dari sisi lingkungan dan kesehatan, premium masih memiliki kandungan logam berat timbal yang berbahaya bagi kesehatan. Dari sisi teknologi, penggunaan premium dalam mesin berkompresi tinggi akan menyebabkan mesin mengalami *knocking*. Sebab premium didalam mesin kendaraan akan terbakar dan meledak tidak sesuai dengan gerakan piston. Premium sendiri memiliki *Research Octane Number (RON)* sebesar 88. Adapun spesifikasi premium dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut ini..



Tabel 2.1 Spesifikasi premium

No	Sifat	MIN	MAX
1	Angka oktan ariset RON	88	-
2	Kandungan timbal (Pb) (gr/lt)	-	0,30
3	Distilasi		
	10% vol penguapan (°C)	-	74
	50% vol penguapan (°C)	88	125
	90% vol penguapan (°C)		180
	Titik didih akhir (°C)	-	205
	Residu (% Vol)		2.0
4	Tekanan uap (kpa)	-	62
5	Getah purawa (mg/100ml)	-	5
6	Periode induksi (menit)	360	-
7	Sulfur mercaptan (% massa)	-	0,002
8	Korosi bilah tembaga (menit)	Kelas 1	
9	Uji dokter	Negatif	
10	Warna	Kuning	2

( Keputusan Dirjen Migas No. 3674 K/24/DJM/2006)

#### 2.3.4. Bahan Bakar Alternatif

Bahan bakar alternatif umumnya menghasilkan lebih sedikit emisi kendaraan yang berkontribusi terhadap kabut asap, polusi udara dan pemanasan global. Sebagian besar bahan bakar alternatif tidak diturunkan dari bahan bakar fosil yang merupakan sumber daya terbatas, karena bahan bakar alternatif dapat membantu negara memenuhi kebutuhan energi secara lebih mandiri.

### 2.3.5. Etanol

Etanol adalah cairan tidak berwarna, mudah terbakar, dan bersifat mudah menguap (*volatile*). Etanol atau etil alkohol sebagai senyawa tunggal yang mempunyai rumus kimia  $C_2H_5OH$  merupakan suatu cairan hasil proses fermentasi dan destilasi dari karbohidrat yang banyak terkandung pada hasil pertanian seperti : singkong, jagung, tebu dan ubi kayu. Etanol banyak digunakan sebagai bahan campuran pada minuman keras dan pelarut kimia selain bisa juga digunakan sebagai bahan bakar. Sebagai bahan bakar untuk Otto, etanol mempunyai sifat - sifat yang dibutuhkan, seperti nilai oktan yang tinggi, mampu diperbaharui, menghasilkan emisi polutan yang lebih rendah. Adapun spesifikasi etanol dapat terlihat pada tabel 2.2 di bawah ini.

Tabel 2.2. Spesifikasi Etanol

ITEM	Superfine	Fine	Ordinary
Etanol( %v/v)	96	95,5	95
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5	10	60
Methnol (≤mg/L )	2	35	150
Butanol (≤mg/L )	1	2	30
Oxidation time / min ≥	40	30	20
Acetic acid ((≤mg/L )	7	10	30
Propanol (≤mg/L )	2	35	100
Acetaldehyde (≤mg/L )	1	3	30
Ester (≤mg/L	10	18	25
Heavy metal ( Pb ) (≤mg/L )	1	1	1
Sight	Clear		
Smell	Only etanol smell		

### 2.3.6. Karakteristik Bahan Bakar

Unjuk kerja pada mesin berpengapian dari busi (*SI Engine*) dipengaruhi oleh bahan bakar yang disemprotkan atau diinjeksikan ke dalam ruang bakar, bahan bakar yang digunakan pada pengoperasian mesin berpengapian busi harus memenuhi beberapa karakteristik penting dari bahan bakar (Sularto, 2004).

- a. Angka oktan (*Octane Number*) merupakan ukuran dari kemampuan bahan bakar untuk tahan terhadap denotasi ketika bahan bakar tersebut terbakar dalam ruang bakar. Kualitas oktan etanol yang tinggi menunjukkan kemampuan yang baik dalam menghambat terjadinya *knocking* pada *Engine*. Hal ini didukung oleh *autoignition temperature* etanol yang dua kali lipat tinggi, yaitu 423 C dibanding dengan bensin yang hanya 257 C. Dalam hal ini etanol dapat dipanaskan hingga temperatur yang lebih tinggi. Dengan menggunakan bahan bakar campuran etanol ini dimungkinkan untuk menggunakan *engine* dengan *rasio* kompresi yang lebih tinggi dibanding kendaraan bermotor yang berbahan bakar bensin, sehingga akan memperbaiki efisiensi termis dan meningkatkan daya *engine*.
- b. Kemudahan menguap (*Volatility*) sifat bahan bakar yang berhubungan erat dengan *volatility* adalah titik nyala (*flash point*). Titik nyala ini didefinisikan sebagai temperatur minimum cairan dimana pada temperatur tersebut cairan menghasilkan sejumlah uap yang dapat membentuk campuran dengan udara sehingga mampu terbakar.
- c. Kandungan energi (*Energy Content*) semakin tinggi kandungan energi yang terkandung dalam bahan bakar maka semakin baik daya yang dihasilkan oleh *engine*. Kandungan energi bahan bakar ditunjukkan oleh nilai kalornya (*lower heating value*). Nilai kalor etanol tidak lebih dari setengah nilai kalor bensin, yaitu 21,1MJ/L dibanding 30-33 MJ/L sehingga untuk menghasilkan daya yang sama *engine* mengkonsumsi etanol satu setengah kali lebih banyak daripada konsumsi bensin. Hal ini dipengaruhi oleh adanya kandungan oksigen didalam etanol.

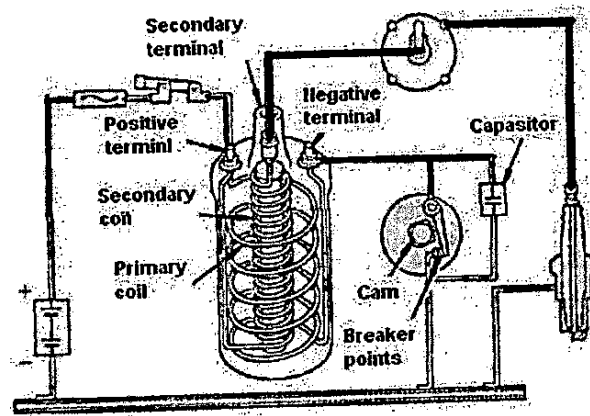
- d. Panas penguapan laten (*Latent Heat of Vaporization*). Panas penguapan laten etanol sekitar 3,4 kali lebih besar dibanding bensin dalam unit massa keuntungannya panas penguapan laten yang tinggi dapat mendinginkan udara masukan (*intake air*) yang akan mendinginkan densitasnya sehingga memungkinkan lebih banyak volume udara masukan. Panas penguapan laten juga dapat mendinginkan temperatur pembakaran sehingga menurunkan kecendrungan terjadinya *autoignition* serta mengurangi kadar Nox gas buang kelingkungan.
- e. Berat Jenis (*Specific Gravity*), berat jenis atau masa jenis suatu zat terutama yang berwujud gas atau cair dipengaruhi oleh suhu atau temperaturnya. Semakin tinggi temperatur zat tersebut maka semakin rendah berat jenis atau masa jenis zat tersebut, karena volume zat tersebut akan naik seiring dengan kenaikan temperatur zat itu sendiri. Berat jenis etanol adalah 0.796 sedangkan berat jenis bensin yang dipakai sebagai bahan bakar berkisaran dari 0.69 s/d 0,79.

#### 2.4. Sistem Penyalaan

Sistem penyalaan adalah salah satu sistem yang ada dalam motor bakar yang menjamin motor dapat bekerja (Suyanto, 1989 ).

Sistem pengapian berfungsi untuk membangkitkan bunga api yang dapat membakar campuran bahan bakar dan udara didalam silinder. Sistem pengapian yang dibutuhkan motor bensin adalah sistem yang menghasilkan loncatan bunga api yang besar sehingga tekanan pembakaran yang dihasilkan akan lebih besar. Secara umum sistem pengapian konvensional bekerja apabila kunci kontak dihubungkan "ON" arus listrik akan mengalir dari baterai melalui kunci kontak ke kumparan primer, ke *breaker point* ke masa. Dalam keadaan ini *breaker point* masih dalam keadaan tertutup, akibat mengalir arus pada kumparan primer maka inti besi akan menjadi magnet. Dalam keadaan ini besi menjadi magnet bila *breaker point* dibuka arus yang mengalir pada kumparan primer akan terputus dan

kemagnetan inti besi akan berkurang hilangnya kemagnetan ini akan mengakibatkan kumparan primer dan kumparan sekunder timbul tegangan induksi. Karena jumlah gulungan pada kumparan sekunder lebih banyak dari kumparan primer, maka tegangan yang keluar pada kumparan sekunder akan lebih besar dari kumparan primer atau pada kumparan sekunder akan timbul tegangan tinggi. Tegangan tinggi ini selanjutnya disalurkan ke rotor distributor untuk dibagi-bagikan ke busi pada silinder pada akhir langkah kompresi, selanjutnya tegangan tinggi pada busi dirubah menjadi percikan api guna membakar gas pada ruang bakar. Terjadinya tegangan tinggi pada kumparan sekunder ini untuk kali putaran rotor adalah 4 kali, karena terjadi 4 kali pemutusan arus pada kumparan primer yang akan menyebabkan terjadinya tegangan tinggi pada kumparan sekunder sebanyak 4 kali. Sistem penyalan konvensional dapat dilihat seperti pada gambar 2.11 di bawah ini.



Gambar 2.11. Sistem Pengapian konvensional  
(PT.TOYOTA -ASTRA MOTOR, 1995)

#### 2.4.1. Komponen Sistem Pengapian

Berdasarkan Pada komponen sistem pengapian adapun bagian bagian komponen tersebut terbagi sebagai berikut, yaitu:

- a. Baterai untuk sumber arus DC dan koil eksistensi untuk sumber arus AC
- b. *Contact Breaker* (pemutus arus primer koil)
- c. Koil pengapian
- d. Busi

Berdasarkan hal tersebut, sistem pengapian dapat dibedakan menjadi dua sistem yaitu sistem pengapian berdasarkan sumber arus dan sistem pengapian berdasarkan pemutus arus primer koil.

#### 2.4.2. Sistem Pengapian berdasarkan sumber Arus

##### a. Sistem pengapian dengan sumber arus AC ( pengapian Magneto)

Pada sistem pengapian sumber arus AC magnet yang dipakai pada motor biasanya berfungsi sebagai roda daya (*flywheel*) . Rotor mempunyai magnet dan ditempelkan pada poros engkol, pada saat berputar arah pada fluks magnet berubah sehingga dihasilkan arus listrik, hal ini disebut induksi elektro magnet. Arus yang dihasilkan sistem magneto ini termasuk sistem pengapian AC (*Alternating Current* atau arus bolak balik). Pada sistem ini koil pengapian diterapkan terpisah dengan magneto, sehingga memungkinkan untuk memakai koil pengapian yang berkapasitas besar.

Prinsip induksi elektro magnet ini sama dengan prinsip generator AC pada pusat pembangkit listrik, induksi arus bolak balik ini disebut induksi sendiri, bila sebuah magnet digerakan maka arus akan mengalir dari koil yang diinduksikan Arus inilah yang nantinya akan digunakan sebagai sumber arus AC.

##### b. Sistem pengapian dengan sumber arus DC (*direct Current*)

Sumber arus DC (*direct Current*) sumber yang didapat dari baterai (*Accu*) yang merupakan sumber arus DC murni. Baterai alat elektro kimia yang dibuat untuk

mensuplai listrik ke sistem starter mesin, sistem pengisian, lampu-lampu, dan komponen kelistrikan lainnya. (Toyota Astra-Motor,1995).

Baterai mempunyai berbagai kelebihan yang menjadi alasan utama digunakan sebagai sumber arus, yaitu:

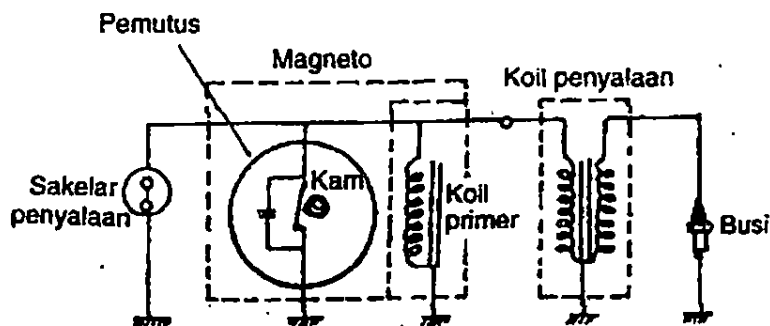
- a. Arus yang dihasilkan stabil
- b. Dapat di sisi ulang atau di (*charger*)
- c. Arus yang dihasilkan DC murni

Kelemahan dari sumber arus yang didapat dari baterai adalah baterai harus selalu dalam keadaan baik terisi penuh, sehingga baterai dan sistem pengisiannya harus dalam keadan baik .

#### 2.4.3. Sistem Pengapian Berdasarkan Pemutus Arus Primer Koil

Pada pemutus arus primer koil, sistem pengapian dapat dibagi menjadi dua yaitu sistem pemutus arus mekanik dan sistem pemutus arus elektronik.

- a. Sistem mekanik dikenal dengan sistem platina. Dengan menggunakan perputaran kerja *crank shaft* yang merubah posisi *cam*, kemudian menggerakkan pemutus arus (*contact breaker*), pada sistem ini sudah jarang digunakan pada sepeda motor sistem pengapian platina. Sistem pengapian mekanik atau platina dapat dilihat pada gambar 2.12 di bawah ini.



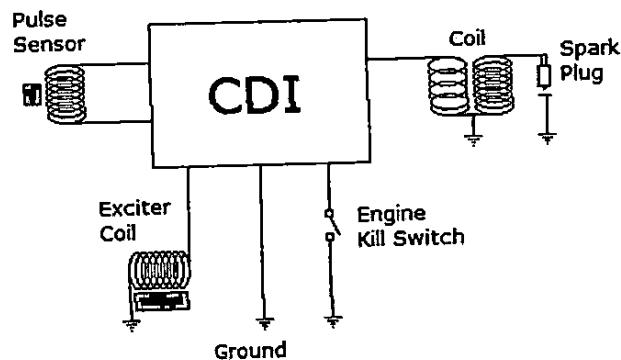
Gambar 2.12 Sistem Pengapian Platina

(Daryanto,2002)

### b. Pemutus Elektronik

Sistem CDI (*Capasitor Discharge Ignition*), sistem ini yang dipakai adalah sistem pemutusannya adalah sistem pemutus elektronik. CDI adalah rangkaian elektronik yang terdiri dari kapasitor, resistor dioda dan SCR (*Silicon Controlled Recifier*). Dengan sistem ini dimaksudkan kekuatan pengapian lebih tinggi.

- b. Sistem pengapian CDI diklasifikasikan menjadi dua jenis (1). AC-CDI, yaitu sistem pengapian elektronik dengan sumber arus listrik berasal dari koil eksitasi. (2). DC-CDI sistem pengapian elektronik dengan sumber arus listrik berasal dari baterai. Sistem pemutus arus untuk CDI dapat dilihat pada gambar 2.13 berikut ini.



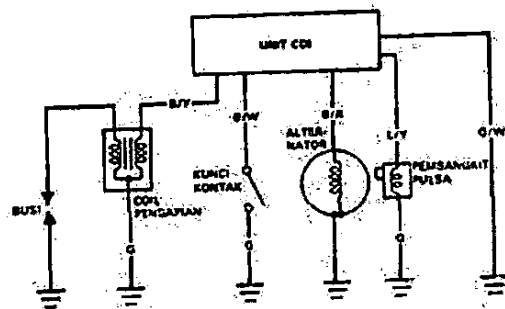
Gambar 2.13 CDI Pemutus Arus  
(Astra- Motor, 2003)



#### 2.4.4. Sistem AC-CDI

Sistem ini dinamakan sistem AC-CDI karena arus yang masuk kedalam CDI adalah arus bolak balik, yaitu arus listrik yang langsung berasal dari kumparan eksitasi, oleh karena itu CDI ini dinamakan AC-CDI. Adapun skema AC-CDI dapat dilihat pada gambar 2.14 di bawah ini.

##### a. Skema AC-CDI



Gambar 2.14 Skema AC-CDI  
( Sistem Listrik Honda,2003)

##### b. Komponen komponen AC-CDI

Didalam rangkaian AC-CDI memiliki komponen komponen diantaranya sebagai berikut:

- Kapasitor
- Resistor
- Dioda
- SCR (*Silicon Controlled Rectifier*)

##### c. Sistem Kerja AC-CDI

Arus dari kumparan eksitasi disearahkan oleh rectifier, kemudian terjadi pengisian pada kapasitor. Arus mengalir ke SCR yang kemudian dibias balik. Setelah SCR menerima arus dari *spoel trigger* (pulser) yang berupa pulsa, pulsa tersebut menetralsir efek penghalang. Arus anoda bertambah secara nyata, dengan reduksi tegangan saat melalui SCR tersebut. Maka SCR akan membuka

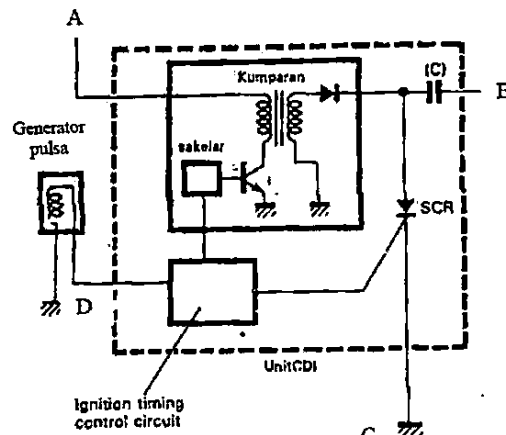
dan arus akan mengalir ke masa (ground) sehingga terjadi bunga api pada busi. Pada AC-CDI arus yang keluar dari *coil ignition* dipengaruhi oleh putaran mesin. Sehingga semakin besar putaran mesin, semakin besar pula arus yang dihasilkan oleh *coil* tersebut.

#### 2.4.5. Sistem DC-CDI

Sistem ini dinamakan sistem DC-CDI, karena arus CDI disuplai dari baterai, sehingga arus masuk adalah DC (*direct Current*). Keuntungan dari DC-CDI ini adalah arus yang masuk ke dalam CDI cenderung tetap karena arus tidak tergantung pada putaran mesin, sehingga tegangan pengapian pada elektroda busi relatif stabil. Adapun sekema dari DC-CDI dapat terlihat pada gambar 2.15 berikut ini.

##### a. Skema DC-CDI

Berikut adalah sekema dari DC-CDI.



Gambar 2.15 Skema DC-CDI  
( Manual book Suzuki,2003)

Keterangan :

A: Kabel orange garis putih dihubungkan ke baterai.

B: Kabel putih garis biru dihubungkan ke kumparan primer koil pengapian.

C: Kabel hitam garis putih dihubungkan ke massa.

D: Kabel biru garis kuning dihubungkan ke generator pulsa.

b. Komponen komponen DC-CDI

Komponen penyusun DC-CDI hampir sama dengan sistem komponen penyusun AC-CDI. Pada DC-CDI ditambahkan transformator dan transistor. Transformator digunakan untuk menaikkan tegangan dari 12 volt menjadi tegangan yang optimal untuk dimasukan kedalam koil pengapian yaitu 220-300 volt .

c. Sistem Kerja DC-CDI

Dalam DC-CDI terdapat transformer yang berfungsi untuk menaikkan tegangan baterai 12 volt menjadi 220-300 volt, tegangan ini selanjutnya disalurkan ke dioda untuk disearahkan, transformer dapat bekerja menginduksi arus DC dari baterai dikarenakan adanya transistor jenis npn yang bekerja sebagai saklar. Arus dari dioda ini selanjutnya disalurkan ke kapasitor (C), sehingga pada kapasitor terjadi pengisian, arus ini selanjutnya disimpan di dalam kapasitor. Saat sinyal dari generator pulser mengalir ke SCR ( *forward blocking* ) akan dinetralisir, pada saat ini muatan listrik yang disimpan didalam kapasitor dilepaskan ke kumparan primer koil pengapian dan diperbesar lagi oleh kumparan sekunder, tegangan tinggi dari koil ini selanjutnya dialirkan ke busi sehingga pada busi terjadi loncatan bunga api sebagai pemicu pembakaran.

### 2.4.6 Perhitungan Torsi, Daya dan Konsumsi Bahan Bakar ( $\dot{m}_f$ )

Torsi adalah indikator baik dari ketersediaan mesin untuk kerja. Torsi didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada jarak momen dan apabila dihubungkan dengan kerja dapat ditunjukkan dengan (Heywood, 1988):

$$T = F \cdot L \dots\dots\dots(2.1)$$

$$T1 \text{ (Torsi water break dynamometer)} = F \cdot L \text{ N.m}$$

$$T2 \text{ (Torsi motor)}$$

Dengan: T : torsi N.m

F : gaya yang terukur pada *dynamometer* kgf

L : x = panjang lengan pada *dynamometer*

Daya adalah besar usaha yang dihasilkan oleh mesin tiap satuan waktu, didefinisikan sebagai laju kerja mesin, ditunjukkan dengan persamaan (Heywood, 1988) :

$$P = \frac{2\pi nT}{60} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan : P : daya W

n : putaran mesin/*dynamometer* RPM

T : torsi N.m

Dalam hal ini daya secara normal diukur dalam kW, tetapi satuan HP masih digunakan juga, dimana :

$$1\text{HP} = 0,7457 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1,341 \text{ HP}$$

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah pemakaian bahan bakar yang terpakai perjam untuk setiap daya yang dihasilkan pada motor bakar. Konsumsi bahan bakar spesifik didefinisikan dengan persamaan (Arismunandar, 2002) :

$$SFC = \frac{\dot{m}_f}{P} \left( \frac{kg}{kWh} \right) \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

$\dot{m}_f$  = laju aliran bahan bakar masuk mesin

$\dot{m}_f = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb}$  kg/jam

$b$  = volume *buret* yang dipakai dalam pengujian cc

$t$  = waktu yang diperlukan untuk pengosongan *buret* dalam detik (s)

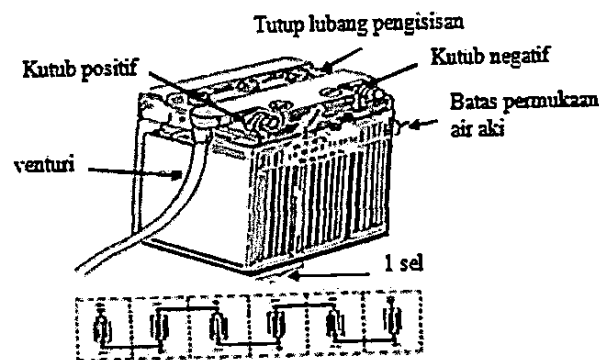
$\rho_{bb}$  = massa jenis bahan bakar

$\rho_{bensin} = 0,74$  kg/l

$P$  = daya mesin kW

### 2.4.7 Baterai

Baterai ialah alat elektro kimia yang dibuat untuk mensuplai listrik ke sistem starter mesin, sistem pengapian, lampu lampu dan komponen kelistrikan lainnya. Alat ini menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia, yang dikeluarkan bila diperlukan dan mensuplainya ke masing masing sistem kelistrikan atau alat yang memerlukannya. Karena didalam proses baterai kehilangan energi kimia, maka alternator mensuplainya kembali kedalam baterai (yang disebut pengisian). Adapun kontruksi baterai dapat terlihat seperti pada gambar 2.16 di bawah ini.

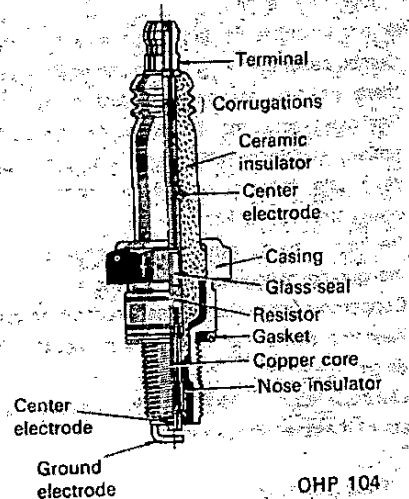


Gambar 2.16 Baterai  
(Sumber :Daryanto,2008)

Baterai terdiri dari sel-sel yang mana setiap sel baterai dapat mengeluarkan arus kurang lebih sebesar 2,1 volt, jadi baterai 6 volt terdiri dari tiga buah sel yang dihubungkan secara hubungan seri. Setiap sel baterai terdiri dari dua macam plat, yaitu plat positif dan plat negatif yang dibuat dari timbal atau timah hitam. Plat-plat tersebut disusun sebelah menyebelah dan diantara plat-plat tersebut diberi pemisah dengan bahan *non* konduktor, sedangkan untuk setiap sel baterai biasanya jumlah plat negatif lebih banyak dari pada plat positif. Reaksi kimia antara plat baterai dengan cairan elektrolit akan menghasilkan arus listrik DC (*Direct Current* = arus searah).

### 2.4.8. Busi

Arus tegangan tinggi dari distributor menimbulkan (memercikan) bunga api dengan temperatur tinggi diantara elektroda tengah dan masa dari busi untuk menyalakan campuran udara-bahan bakar yang telah dikompresikan. Meskipun konstruksi dari busi sederhana, tetapi busi tersebut beroperasi pada kondisi yang sangat berat. Temperatur elektroda busi dapat mencapai kira kira 2000 °C selama langkah pembakaran (bekerja), tetapi kemudian akan turun drastis pada langkah hisap karena didinginkan oleh campuran udara dan bahan bakar, pada konstruksi busi ini yang digunakan dapat terlihat seperti pada gambar 2.17 di bawah ini.



Gambar 2.17 Busi  
(Toyota –Astra Motor, 2003)

### 2.4.9 Kontruksi Busi

Berikut ini adalah komponen utama busi yaitu insulator, casing, elektroda tengah dan elektroda masa

#### a. Insulator keramik

Insulator keramik (*ceramic insulator*) berfungsi untuk memegang elektroda tengah dan berguna sebagai insulator antara elektroda tengah dan casing. Gelombang yang dibuat pada permukaan insulator keramik berguna untuk

memperpanjang jarak permukaan antara terminal dan *casing* untuk mencegah terjadinya loncatan bunga api tegangan tinggi. Insulator terbuat dari porselen alumunium murni yang mempunyai daya tahan panas yang sangat baik, kekuatan mekanikal, kekuatan dielektrik pada temperatur tinggi dan penghantar panas (*thermal conductivity*).

*b. Casing*

*Casing* berfungsi untuk menyangga insulator keramik dan juga sebagai *mounting* busi terhadap mesin.

*c. Elektroda tengah*

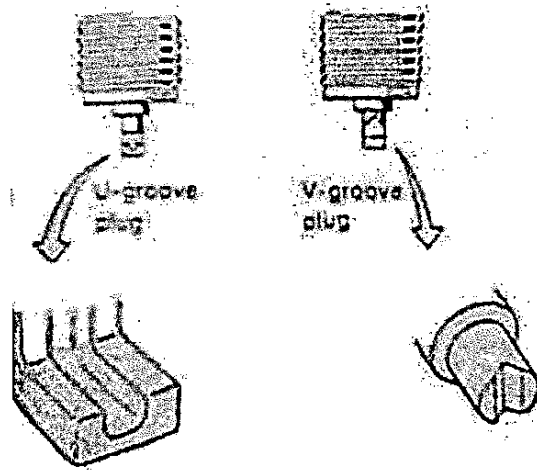
Elektroda tengah terdiri dari komponen komponen :

1. Sumbu pusat (*center shafh*) :mengalirkan arus dan meradiasikan panas yang ditimbulkan oleh elektroda.
2. *Seal glas* (kaca) membuat kerapatan untuk menghindari kebocoran udara antara *center shafh* dan insulator keramik dan mengikat antara *center shafh* dan elektroda tengah.
3. Resistor mengurangi suara pengapian untuk mengurangi gangguan frekuensi radio.
4. *Copper core* (inti tembaga) merambatkan panas dari elektroda dan ujung insulator agar cepat radiasi /dingin.
5. Elektroda tengah membangkitkan loncatan bunga api ke masa (*elektroda masa*).



d. Elektroda masa

Elektroda masa dimuat sama dengan elektroda tengah. Alur U (U-groove), Alur V (V-groove) dan bentuk khusus dari elektroda yang lain dibuat dengan tujuan agar memudahkan loncatan api agar menaikkan kemampuan pengapian, dari bahan elektroda masa tersebut yang digunakan menaikkan pengapian yang terlihat seperti pada gambar 2.18 di bawah ini.



Gambar2.18 Elektroda Busi  
(Toyota –Astra Motor, 2003)