

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1. Kajian Pustaka**

Anggi (2014) melakukan pengujian tentang pengaruh komponen dan sistem pengapian terhadap kinerja motor 4 langkah 113 cc berbahan bakar campuran premium-ethanol dengan kandungan ethanol 5%. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa torsi tertinggi didapat ketika menggunakan CDI racing timing standar dengan timing pengapian  $\pm 30^\circ$  sebelum titik mati atas (TMA) yaitu sebesar 11,76 N.m pada kecepatan putaran mesin 3990 rpm, dan daya tertinggi didapat ketika menggunakan CDI racing timing standar dengan timing pengapian  $\pm 30^\circ$  sebelum titik mati atas (TMA) yaitu sebesar yaitu sebesar 7,5 HP pada kecepatan putaran mesin 6.897 rpm, dengan menggunakan CDI racing dengan variasi timing dapat meningkatkan torsi dan daya yang lebih tinggi dibandingkan ketika menggunakan CDI standar. Dan untuk konsumsi bahan bakar CDI racing lebih boros dibandingkan dengan CDI standar.

Sigit (2015) melakukan pengujian tentang pengaruh komponen dan pengaturan pengapian terhadap kinerja motor 4 langkah 113 cc berbahan bakar campuran premium ethanol dengan kandungan ethanol 20%. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil bahwa ketika menggunakan CDI racing standar berbahan bakar premium-ethanol 20% torsi yang dihasilkan lebih besar dibandingkan menggunakan variasi lain dan dari pengujian daya ketika menggunakan CDI racing standar premium-ethanol 20% daya yang dihasilkan lebih besar dibanding menggunakan variasi yang lain. Dan untuk konsumsi bahan bakar dapat diketahui bahwa konsumsi bahan bakar yang dihasilkan CDI standar premium ethanol 20% lebih hemat dibanding menggunakan variasi lain.

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.

Kurniawan (2010) melakukan pengujian penggunaan bahan bakar campuran bensin-etanol dengan kandungan etanol 15% pada motor 4 – langkah 100 cc dengan variasi *timing* pengapian. Dimana hasil pengujian di dapat 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 Nm. 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  $\pm 37^\circ$  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* ( $m_f$ ) yang diperoleh lebih banyak mengkonsumsi bahan bakar dibandingkan dengan penggunaan CDI standar.

Muklisanto (2003) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi campuran premium dan ethanol pada variasi rasio mainjet terhadap kinerja mesin 4 langkah 110 cc. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil sebagai berikut, pada variasi ethanol torsi tertinggi campuran premium 90% dan ethanol 10% sebesar 7,1 N.m pada putaran mesin 5000 rpm dan daya tertinggi oleh campuran premium 90% dan ethanol 10% sebesar 3,717 kW pada putaran 5000 rpm.

Muliyadi (2006) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi bentuk permukaan piston dan variasi rasio kompresi terhadap kinerja motor bakar 4 langkah 110 cc berbahan bakar campuran premium-ethanol. Dari penelitian diperoleh hasil sebagai berikut, variasi rasio kompresi terhadap kinerja motor 4 langkah 110 cc daya mengalami peningkatan 10,68% terhadap kondisi standar untuk komposisi (E-0) sedangkan torsi naik 8,7% terhadap kondisi standar. Konsumsi bahan bakar spesifik yang dihasilkan lebih rendah 37,57%. Variasi campuran bahan bakar premium dan bioethanol terhadap kinerja motor 4 langkah 110 cc daya yang dihasilkan mengalami kenaikan 4,48% pada kondisi RK 1 terhadap kondisi standar untuk komposisi (E-25), sedangkan torsi naik 11,35% pada komposisi (E-5) terhadap kondisi standar. Konsumsi bahan bakar ( $\dot{m}_f$ ) lebih rendah 32,25% terhadap kondisi standar pada putaran 7000 rpm dari komposisi (E-25), sedangkan pada konsumsi bahan bakar spesifik ( $sfc$ ) lebih rendah 37,7% terhadap kondisi standar. Pengaruh variasi karburator dan komponen pengapian terhadap kinerja motor bakar 4 langkah 110 cc daya yang dihasilkan mengalami peningkatan 12,4% terhadap kondisi standar untuk komposisi (E-0) sedangkan torsi naik 4,93%. Konsumsi bahan bakar ( $\dot{m}_f$ ) lebih rendah 39,88% terhadap kondisi standar untuk komposisi (E-0), sedangkan pada konsumsi bahan bakar spesifik ( $sfc$ ) 47,77%.

Adita (2006) melakukan penelitian tentang pengaruh pemakaian cdi standar dan racing serta busi standar dan busi racing terhadap kinerja motor yamaha mio 4 langkah 110 cc tahun 2008. Dari penelitian tersebut diperoleh hasil sebagai berikut, daya maksimal yang dihasilkan 7,76 kW sampai 7,86 kW pada putaran mesin 7000 rpm. Torsi maksimum yang dihasilkan 8,80 N.m sampai 9,49 N.m pada putaran mesin 5000-5750 rpm. Konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 1,1706 kg/jam pada putaran mesin 10.000 rpm.

Setiyawan (2007) melakukan penelitian tentang pengaruh *ignition timing* dan *compression ratio* terhadap kinerja dan emisi gas buang motor bensin berbahan bakar campuran ethanol 85% dan premium 15% (E-85). Dari penelitian diperoleh hasil sebagai berikut, pemajuan *ignition timing* dan peningkatan *compression ratio* dapat meningkatkan unjuk kerja motor bensin berbahan bakar E-85 bila dibandingkan dengan kondisi standar, meskipun masih dibawah unjuk kerja premium. *Ignition timing* terbaik dicapai pada 30° BTDC sedangkan *compression ratio* 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 kinerja motor bensin secara signifikan dibandingkan dengan *compression ratio*.

Hasan (2013) melakukan pengujian campuran 20% ethanol 80% premium. Dari pengujian torsi didapat tertinggi pada CDI *racing timing* standar pada putaran mesin 3902 rpm dengan *timing* pengapian  $\pm 33^\circ$  sebelum titik mati atas (TMA) yaitu sebesar 7,17 N.m. Dengan menggunakan CDI *racing* dapat meningkatkan torsi yang lebih tinggi dari pada CDI standar. Dari pengujian daya didapat tertinggi pada CDI *racing timing* non-standar pada kecepatan putaran mesin 7326 rpm dengan *timing* pengapian  $\pm 41^\circ$  sebelum titik mati atas (TMA) yaitu sebesar 6,1 HP. Dengan menggunakan CDI *racing* dapat meningkatkan daya yang lebih tinggi dari pada CDI

standar. Dari pengujian didapatkan konsumsi bahan bakar ( $m\dot{f}$ ) pada CDI *racing* lebih boros dibandingkan CDI standar.

Campuran bahan bakar etanol memiliki nilai "E" yang menjelaskan persentase bahan bakar etanol di dalam campuran tersebut. Misalnya, E85 artinya adalah 85% etanol anhidrat dan 15% bensin. Brazil adalah negara dengan produksi bahan bakar etanol kedua terbesar di dunia, sekaligus pengeksport terbesar bahan bakar etanol.

Brasil dan Amerika Serikat tertinggi 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. Implementasi bahan bakar ethanol di Brazil tidak selamanya berjalan lancar. Dukungan politik dan insentif pemerintah diperlukan guna keberlanjutan program tersebut. Di awal implementasi program penggunaan bahan bakar ethanol, yakni di era 1980-an, lebih dari 90 mobil yang terjual di Brazil adalah mobil yang berbahan bakar khusus ethanol (Riberio, 1997).

**Tabel 2.1** Produksi Etanol Dunia oleh Negara (dalam juta galon)

Nama negara	Tahun				
	2008	2009	2010	2011	2012
<b>Brazil</b>	4.988	5.238	26.200	5.739	5.990
<b>U.S.</b>	6,198	6,858	6,921	8,178	8,838
<b>China</b>	1.075	1.101	1.128	1.154	1.181
<b>India</b>	531	551	571	591	611
<b>Perancis</b>	285	301	317	333	349
<b>Spainyol</b>	163	184	206	227	249
<b>Jerman</b>	319	381	444	506	569
<b>Kanada</b>	230	276	322	368	414
<b>Indonesia</b>	76	84	92	100	108
<b>Italia</b>	50	53	55	58	60
<b>Dunia</b>	16.215	17.574	18.934	20.293	21.653

(Data diolah dari *Market Research Analyst*, 2010)

Campuran bahan bakar berupa E10 atau kurang telah digunakan di lebih 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. 1997).



**Gambar 2.1** Stiker peringatan bahan bakar E10 (Wikipedia, 2010).

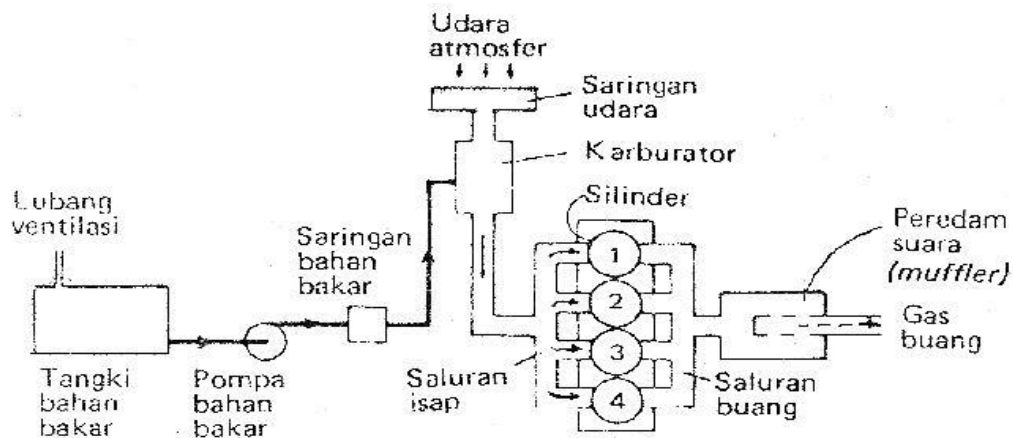
Penggunaan bensin yang dicampur dengan etanol pada kendaraan berbahan bakar bensin biasa hanya diperbolehkan dalam kadar yang rendah saja. Hal ini karena etanol bersifat korosif dan dapat merusak beberapa material di dalam mesin dan sistem bahan bakar. Mesinnya pun harus dikonfigurasi ulang sehingga 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 (Atikaic, 2011).

Kerugian yang akan ditimbulkan jika bahan bakar etanol dipakai pada kendaraan yang hanya berbahan bakar bensin di antaranya adalah konsumsi bensin yang lebih boros; karat pada logam; kerusakan pada komponen sistem bahan bakar (antara lain plastik dan karet); 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 (Atikaic, 2011).

## 2.2. Dasar Teori

### 2.2.1. Sistem Bahan Bakar

Motor bensin merupakan salah satu jenis dari motor bakar, motor bensin kebanyakan dipakai sebagai kendaraan bermotor yang berdaya kecil seperti mobil, sepeda motor, dan juga untuk motor pesawat terbang. Pada motor bensin selalu diharapkan bahan bakar dan udara itu sudah tercampur dengan baik sebelum dinyalakan oleh busi. Pada motor bakar sering memakai sistem bahan bakar menggunakan karburator. Pada gambar (2.2) diterangkan skema sistem penyaluran bahan bakar



**Gambar 2.2.** Skema sistem penyaluran bahan bakar

(Arismunandar, 2005)

Pompa bahan bakar menyalurkan bahan bakar dari tangki bahan bakar ke karburator untuk memenuhi jumlah bahan bakar yang harus tersedia di dalam karburasi. Pompa ini dipakai apabila letak tangki lebih rendah daripada letak karburator. Untuk membersihkan bahan bakar dari kotoran yang dapat mengganggu aliran atau menyumbat saluran bahan bakar, terutama didalam karburator, digunakan saringan atau filter. Sebelum masuk kedalam saringan, udara mengalir melalui karburator yang mengatur pemasukan, pencampuran dan pengabutan bahan bakar ke dalam, sehingga diperoleh perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang



sesuai dengan keadaan beban dan kecepatan poros engkol. Penyempurnaan pencampuran bahan bakar udara tersebut berlangsung baik di dalam saluran isap maupun didalam silinder sebelum campuran itu terbakar.

### **2.2.2. Bahan Bakar**

Bahan bakar adalah suatu bahan yang memiliki energi kimia yang akan menghasilkan energi panas (kalor) setelah melewati proses pembakaran. Apabila bahan dibakar dapat meneruskan proses pembakaran dengan sendiri disertai pengeluaran kalor. Untuk melakukan pembakaran diperlukan beberapa unsur seperti, bahan bakar, udara, dan suhu untuk memulai pembakaran.

Karakteristik paling utama yang diperlukan dalam bahan bakar premium adalah sifat pembakarannya. Dalam pembakaran normal, campuran uap premium dan udara harus terbakar seluruhnya secara teratur dengan busi pada ruang bakar. Sifat pembakaran premium biasanya diukur dengan angka oktan.

- **Premium**

Premium merupakan 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, 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* atau ngelitik. Sebab, premium di dalam mesin kendaraan akan terbakar dan meledak tidak sesuai dengan gerakan piston. Premium sendiri memiliki angka oktan sebesar 88. Spesifikasi premium dapat dilihat pada tabel (2.2) berikut ini.

**Tabel 2.2.** 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)

### 2.2.3. Bahan Bakar Terbarukan

Bahan bakar terbarukan adalah sumber energi yang dapat dengan cepat dipulihkan kembali secara alami, dan prosesnya berkelanjutan sehingga tidak tergantung dengan bahan bakar fosil yang ketersediaannya semakin menipis. Bahan bakar terbarukan umumnya menghasilkan lebih sedikit emisi gas buang, sehingga polusi udara pada lingkungan berkurang serta mengurangi pemanasan global. Pada bahan bakar terbarukan ini mudah didapat di lingkungan sekitar, karena bahan bakar ini dihasilkan dari sari pati atau bahan yang mengandung gula. Bahan bakar

terbarukan diharapkan dapat membantu negara memenuhi kebutuhan energi secara lebih mandiri. Bahan bakar terbarukan tersebut yaitu *ethanol*.

- **Ethanol**

Ethanol disebut juga etil alkohol, alkohol murni, alkohol absolut, atau alkohol saja, adalah sejenis cairan yang mudah menguap, mudah terbakar, tak berwarna, dan merupakan alkohol yang paling sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Ethanol termasuk ke dalam alkohol rantai tunggal, dengan rumus kimia  $C_2H_5OH$  dan rumus empiris  $C_2H_6O$  yang merupakan isomer konstitusional dari dimetil eter. Ethanol sering disingkat menjadi EtOH, dengan “Et” merupakan singkatan dari gugus etil ( $C_2H_5$ ). Ethanol absolute memiliki angka oktan (RON) 117. Angka oktan pada bahan bakar mesin menunjukkan kemampuannya menghindari terbakarnya campuran udara dan bahan bakar sebelum waktunya (*self-ignition*). Ethanol memiliki nilai kalor yang rendah dan sifatnya lebih susah menguap dari pada premium.

### **2.2.3.1. Angka Oktan**

Angka *oktan* pada bensin adalah suatu bilangan yang menunjukkan sifat anti ketukan / berdetonasi. Dengan kata lain, makin tinggi angka *oktan* semakin berkurang kemungkinan untuk terjadi detonasi (*knocking*). Dengan berkurangnya intensitas untuk berdetonasi, maka campuran bahan bakar dan udara yang dikompresikan oleh torak menjadi lebih baik sehingga tenaga motor akan lebih besar dan pemakaian bahan bakar menjadi lebih hemat.

Besar angka *oktan* bahan bakar tergantung pada presentase *iso-oktan* ( $C_8H_{18}$ ) dan *normal heptana* ( $C_7H_{16}$ ) yang terkandung didalamnya. Premium yang cenderung ke arah sifat *heptana normal* disebut bernilai *oktan* rendah (angka *oktan* rendah) karena mudah berdetonasi, sebaliknya bahan bakar yang lebih cenderung ke arah sifat *iso-oktan* (lebih sukar berdetonasi) dikatakan bernilai *oktan* tinggi (angka *oktan* tinggi). Misalnya, suatu premium dengan angka *oktan* 90 akan lebih sukar berdetonasi dari pada dengan bensin ber*oktan* 70. Jadi kecenderungan premium untuk

berdetonasi di nilai dari angka *oktannya Iso-oktan* murni diberi *indeks* 100, sedangkan *heptana* normal murni diberi indeks 0. Dengan demikian suatu bensin dengan angka *oktan* 90 berarti bahwa premium tersebut mempunyai kecenderungan berdetonasi sama dengan campuran yang terdiri atas 90% volume *iso-oktan* dan 10% volume *heptana* normal. Angka *oktan* untuk bahan bakar terlihat pada tabel (2.3) di bawah ini.

**Tabel 2.3.** Angka *oktan* untuk bahan bakar.

<b>Jenis Bahan Bakar</b>	<b>Angka Oktan</b>
Premium	88
Pertamax	92
Pertamax Plus	95
Bensol	100
Ethanol	117

(www.danielrizky.com, 2014)

### **2.3. Sistem Pengapian**

Fungsi pengapian adalah mulainya pembakaran atau menyalakan campuran bahan bakar dan udara pada saat dibutuhkan, sesuai dengan beban dan putaran motor. Sistem pengapian dibedakan menjadi dua yaitu sistem pengapian konvensional dan sistem pengapian elektronik (Suryanto. 1989).

#### **2.3.1. Sistem Pengapian Konvensional**

Sistem pengapian konvensional adalah dua macam yaitu sistem pengapian magnet dan sistem pengapian baterai.

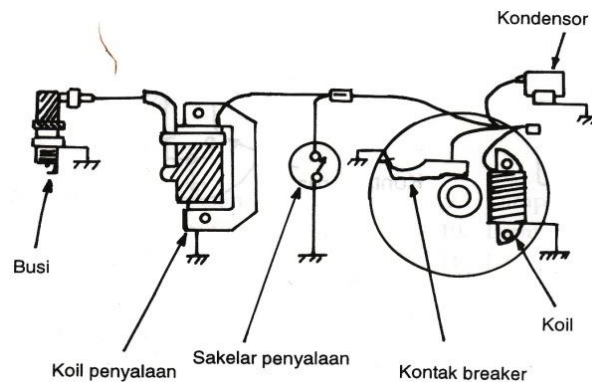
#### **2.3.2. Sistem Pengapian Magnet**

Sistem pengapian magnet adalah loncatan bunga api pada busi menggunakan arus dari kumparan magnet (AC).

Ciri-ciri umum pengapian magnet :

1. Menghidupkan mesin menggunakan arus listrik dari generator AC.
2. Platina terletak di dalam rotor.
3. Menggunakan koil AC.
4. Menggunakan kiprok plat tunggal.
5. Sinar lampu kepala tergantung putaran mesin. Semakin cepat putaran mesin semakin terang sinar lampu kepala.

Sistem mempunyai dua kumparan yaitu kumparan *primer* dan *sekunder*, salah satu ujung kumparan *primer* dihubungkan ke masa sedangkan untuk ujung kumparan yang lain ke kondensor. Dari kondensor mempunyai tiga cabang salah satu ujungnya dihubungkan ke platina, sedangkan bagian platina yang satu lagi dihubungkan ke masa. Jika platina menutup, arus listrik dari kumparan *primer* mengalir ke masa melewati platina, dan busi tidak meloncatkan bunga api. Jika platina membuka, arus listrik tidak dapat mengalir ke masa sehingga akan mengalir ke kumparan *primer* koil dan mengakibatkan timbulnya api pada busi. Sistem pengapian dengan magnet seperti terlihat pada Gambar (2.3) di bawah ini :



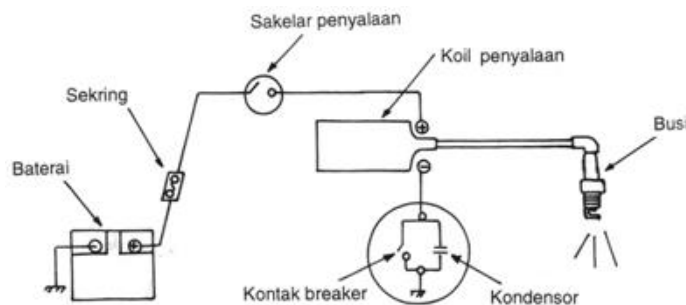
**Gambar 2.3.** Rangkaian Sistem Pengapian Magnet  
(Suyanto. 1989)

### 2.3.3. Sistem Pengapian Baterai

Sistem pengapian baterai adalah loncatan bunga api pada elektroda busi menggunakan arus listrik dan baterai. Sistem pengapian baterai mempunyai ciri-ciri :

1. Platina terletak diluar rotor/magnet.
2. Menggunakan koil DC.
3. Menggunakan kiprok plat ganda.
4. Sinar lampu kepala tidak dipengaruhi oleh putaran mesin tetapi dari arus listrik baterai.

Kutub negatif baterai dihubungkan ke masa sedangkan kutub positif baterai dihubungkan ke kunci kontak dari kunci kontak kemudian ke koil, antara baterai dan kunci kontak diberi sekering. Arus listrik mengalir dari kutub positif baterai ke kumparan *primer* koil, dari kumparan *primer* koil kemudian ke kondensator dan platina. Jika platina dalam keadaan tertutup maka arus listrik ke masa. Jika platina dalam keadaan membuka arus listrik akan berhenti dan di dalam kumparan *sekunder* akan diinduksikan arus listrik tegangan tinggi yang diteruskan ke busi sehingga pada busi timbul loncatan bunga api. Sistem pengapian dengan baterai seperti terlihat pada Gambar (2.4) di bawah ini :



**Gambar 2.4.** Rangkaian Sistem Pengapian Baterai  
(Suyanto. 1989)

#### **2.3.4. Sistem Pengapian CDI (*Capasitor Discharge Ignition*)**

Sistem pengapian CDI merupakan salah satu jenis sistem pengapian pada kendaraan bermotor yang memanfaatkan arus pengosongan muatan (*discharge current*) dari kondensator yang gunanya mencatu daya kumparan pengapian (*ignition coil*). Pengapian sistem ini lebih ke arah pengapian yang diatur secara elektrik oleh satu komponen yang dinamakan CDI (*Capacitor Discharge Ignition*). Komponen CDI secara umum sebuah alat yang mampu mengatur dan menghasilkan energi listrik yang sangat baik diseluruh rentang putaran mesin (*rpm*) mulai dari putaran rendah pada saat start sampai sangat tinggi pada saat kendaraan dipacu sangat kencang. Jadi, kurang lebih CDI ini mempunyai tugas yang sama halnya seperti platina, tetapi CDI bekerja dengan modul komponen elektrik yang menjadikannya lebih tahan lama daripada platina, karena tidak akan mengalami keausan. Cara kerja CDI adalah mengatur waktu meletiknya api di busi yang akan membakar bahan bakar yang telah dimampatkan oleh piston. Kelebihan sistem pengapian CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) adalah :

1. Menghemat pemakaian bahan bakar.
2. Mesin lebih mudah dihidupkan.
3. Komponen pengapian lebih awet.
4. Polusi gas buang yang ditimbulkan lebih kecil.

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dibidang otomotif dari waktu ke waktu mengalami perkembangan melalui perbaikan kualitas, salah satunya adalah teknologi dalam sistem pengapian. Sistem pengapian konvensional (platina) kini mulai ditinggalkan. Sistem pengapian sepeda motor sekarang kebanyakan menggunakan sistem pengapian CDI (*Capasitor Discharge Ignation*) yang memiliki karakteristik lebih baik dibandingkan dengan sistem pengapian konvensional. Sistem pengapian CDI (*Capacitor Discharge Ignition*) atau sistem pengapian arus pelepasan kapasitor adalah salah satu sistem pengapian yang menggunakan relai/saklar dengan sistem elektronik (*solid state*). Penggunaan

relai/saklar dengan sistem elektronik untuk mengganti alat pengatur arus secara mekanik (platina) dapat meningkatkan tegangan yang terjadi pada kumparan sekunder. Sehingga pada penggunaan sistem pengapian CDI akan berpengaruh terhadap kesempurnaan pembakaran dan daya yang dihasilkan oleh mesin.

Untuk mendapatkan torsi dan daya mesin yang optimal, dibutuhkan suatu alat yang dapat mengatur secara tepat *ignition timing* sesuai dengan setiap variasi putaran mesin yang sedang terjadi. *Ignition timing* yang kurang tepat akan membuat pembakaran yang terjadi didalam ruang bakar menjadi kurang sempurna, sehingga torsi dan daya mesin yang dihasilkan kurang optimal.

CDI digital *hyper band* merupakan salah satu jenis CDI yang berbasis digital. CDI digital merupakan sistem pengapian CDI yang dikendalikan oleh mikrokontroler agar *ignition timing* (waktu pengapian) yang dihasilkan sangat tepat dari putaran rendah sampai putaran tinggi. Akibatnya pembakaran lebih sempurna sehingga torsi dan daya mesin yang dihasilkan akan sangat stabil dan besar mulai dari putaran rendah sampai putaran tinggi. Sistem pengapian ini mempunyai kurva pengapian terprogram yang dapat mengatur timing pengapian pada putaran mesin hingga 20.000 (RPM) (*unlimiter*). Penggantian CDI standar dengan CDI digital *hyper band* merupakan salah satu cara agar mendapatkan pengapian yang lebih baik sehingga diharapkan terjadi pembakaran yang sempurna. Pembakaran yang sempurna akan menghasilkan torsi dan daya mesin yang stabil dan *optimal*.

## **2.4. Komponen Sistem Penyalaan**

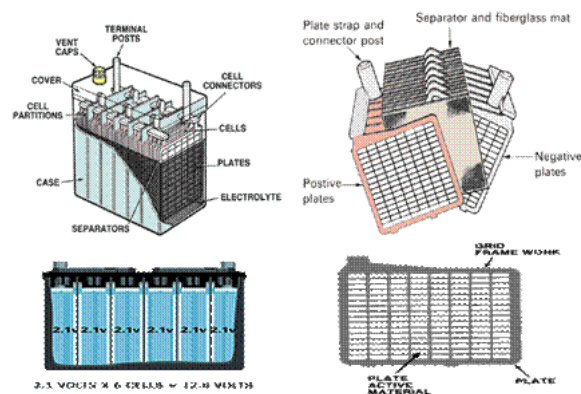
Sistem penyalaan adalah salah satu sistem pada motor yang sangat penting untuk diperhatikan. Sistem penyalaan ini erat hubungannya dengan tenaga (daya) yang dibangkitkan oleh suatu mesin.

### **2.4.1. Baterai**

Baterai adalah alat yang mampu menghasilkan energi listrik dengan menggunakan energi kimia. Baterai biasanya untuk mensuplai arus listrik ke sistem



starter mesin, sistem pengapian, lampu-lampu dan sistem kelistrikan lainnya. Dalam baterai terdapat terminal positif dan negatif, ruang dalamnya dibagi menjadi beberapa sel dan dalam masing masing sel terdapat beberapa elemen yang terendam di dalam larutan elektrolit. Baterai menyediakan arus listrik tegangan rendah (12 Volt). Kutub negatif baterai dihubungkan dengan masa, sedangkan kutub positif baterai dengan koil, pengapian (*ignition coil*) melalui kunci kontak. Baterai dapat dilihat seperti gambar (2.5) di bawah ini.



**Gambar 2.5.** Baterai

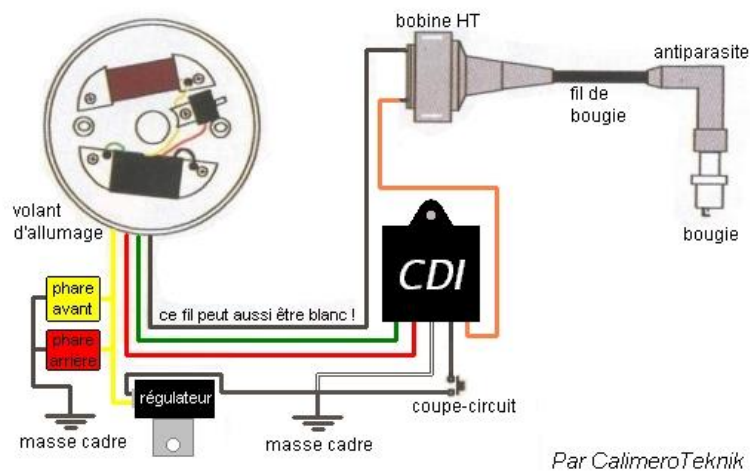
(www.otomotif.web.id. 2014 )

- Sebuah baterai umumnya terdiri dari tiga komponen penting yaitu:
  1. Batang karbon sebagai anode (kutub positif baterai).
  2. Seng (*Zn*) sebagai katode (kutub negatif baterai).
  3. Pasta sebagai elektrolit (penghantar).

#### **2.4.2 CDI (*Capacitor Discharge Ignition*)**

CDI menurut fungsinya adalah mengatur waktu/*timing* untuk meletikkan api pada busi yang sudah dibesarkan oleh koil untuk memicu pembakaran pada ruang bakar silinder. Pengaturan pengapian akan memaksimalkan kemampuan akselerasi dan power mesin hingga maksimal karena pada saat uap bahan bakar yang telah tercampur udara masuk keruang bakar akan terbakar sempurna sehingga tidak ada bahan bakar yang terbuang. Kerja CDI didukung oleh pulser sebagai sensor posisi

piston, dimana sinyal dari pulser akan memberikan arus pada SCR (*Silicon Controller Rectifier*) yang akan membuka, sehingga arus yang ada dalam kapasitor di dalam CDI dilepaskan. Selain pulser, kerja CDI juga didukung oleh baterai (pada CDI DC) atau spul (CDI AC) dimana sebagai sumber arus yang kemudian diolah oleh CDI. Tentunya CDI didukung oleh koil sebagai tegangan yang dikirim ke busi. Skema CDI dapat terlihat pada gambar (2.6) di bawah ini.



**Gambar 2.6.** CDI Pemutus Arus

(Reiza-aneka.com. 2014)

### 2.4.3. Kondensator/Kapasitor

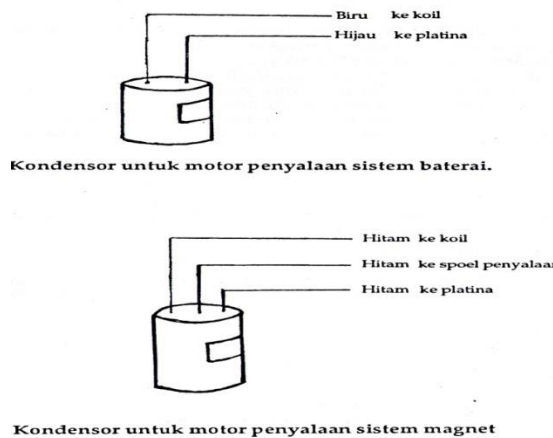
Kondensator dipasang paralel terhadap platina, fungsi kondensator adalah untuk mengurangi terjadinya percikan bunga api pada platina dan memperbesar arus induksi tegangan tinggi, kapasitas kondensator antara 0,2 - 0,3 mikروفarad.

Kapasitor yang digunakan pada sepeda motor umumnya berbentuk tabung atau silinder. Kapasitor seperti ini mempunyai dua lembaran logam, antara kedua lembaran tersebut diberi bahan dielektrik seperti pemisah. Kedua lembaran tersebut

dihubungkan dengan kawat yang dipasang dipinggir lembaran tersebut secara berlawanan.

Kapasitor ini ada yang berbentuk lempengan keramik atau mika yang disusun secara paralel. Bahan tersebut dicelupkan ke dalam gips dan dilapisi dengan email, kapasitor ini disebut kapasitor keramik.

Kapasitor yang digunakan untuk mesin dengan penyalan baterai tidak sama dengan yang digunakan pada mesin penyalan magnet. Ciri-ciri kapasitor untuk mesin penyalan baterai adalah jumlah kabelnya 2 atau 1 sedangkan untuk kapasitor mesin penyalan magnet kabelnya selalu tiga. Kondesor dapat dilihat pada Gambar (2.7) di bawah ini :



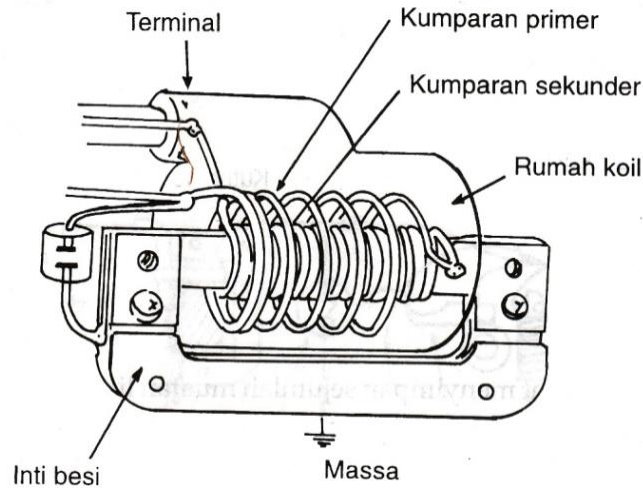
**Gambar 2.7.** Kondensor

(Suyanto. 1989)

#### 2.4.4. Koil Pengapian (*ignition coil*)

Koil pengapian berfungsi untuk membentuk arus tegangan tinggi untuk disalurkan pada busi, selanjutnya kembali lagi melalui *ground*/massa. Di dalam bagian tegangan koil pengapian itu ada inti besi, di sini inti besi dililitkan oleh gulungan kawat halus yang ter-isolasi. Kumparan kawat tersebut panjangnya kurang lebih 20.000 lilitan dengan diameter 0.05 - 0,08 mm. Salah satu ujung lilitan

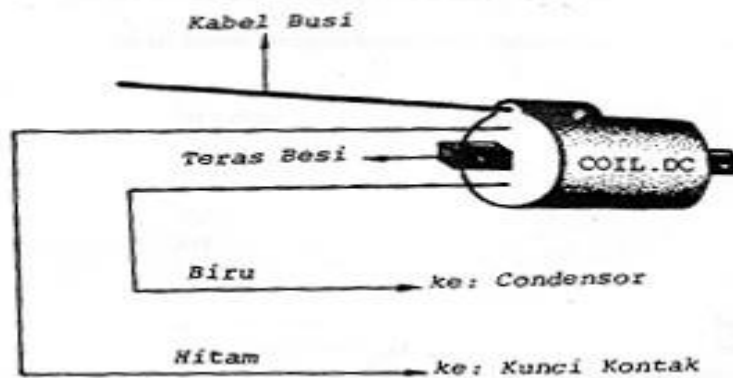
digunakan terminal tegangan tinggi yang dihubungkan dengan komponen busi, sedangkan ujung yang lain disambungkan dengan kumparan *primer*. Jadi gulungan kawat itu disamakan kumparan yang kedua atau kumparan sekunder. Koil dapat dilihat pada Gambar (2.8) di bawah ini :



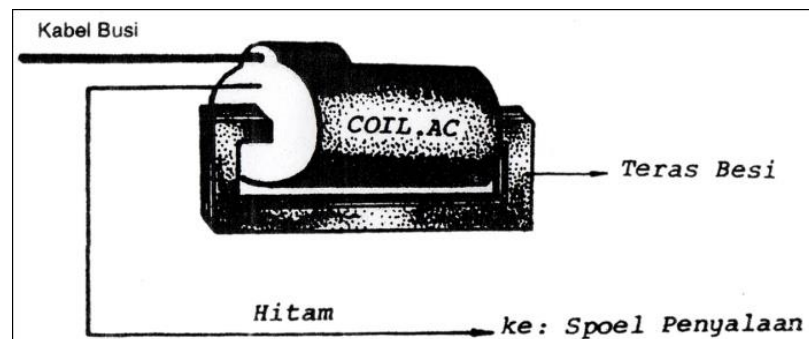
**Gambar 2.8.** Koil  
(Suyanto. 1989)

Bagian luar kumparan sekunder diisolasi lagi dengan gulungan kawat dengan jumlah lilitannya sebanyak 200 lilitan dengan diameter 0,6 - 0,9 mm yang disebut kumparan primer. Karena perbedaan jumlah gulungan pada kumparan primer dan sekunder, maka pada kumparan sekunder akan timbul tegangan kira-kira 10.000 Volt. Arus dengan tegangan tinggi ini timbul akibat terputus-putusnya aliran arus pada kumparan primer yang mengakibatkan hilang timbulnya medan magnet secara tiba-tiba. Hal ini mengakibatkan terinduksinya arus listrik tegangan tinggi pada kumparan sekunder. Bukan saja pada kumparan sekunder yang terbentuk arus tegangan tinggi, akan tetapi pada kumparan primer juga muncul tegangan sekitar 300 sampai dengan 400 Volt yang disebabkan oleh adanya induksi sendiri.

Koil untuk sistem pengapian baterai adalah koil DC sedangkan koil yang digunakan untuk pengapian magnet adalah koil AC. Koil DC dan AC dapat dilihat pada Gambar (2.9a.) dan Gambar (2.9b.) berikut ini :



**Gambar 2.9a.** Koil DC



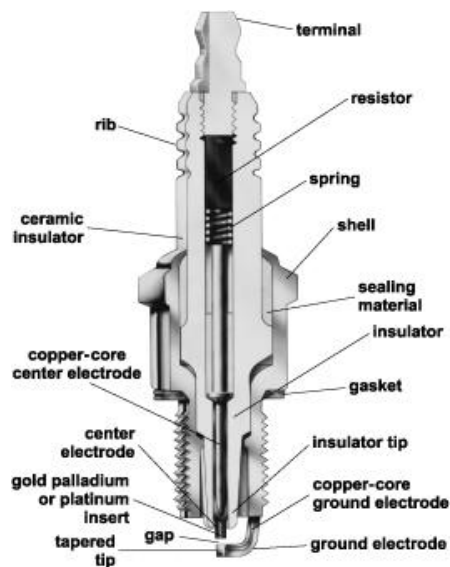
**Gambar 2.9b.** Koil AC

(Boentarto, 2003)

#### 2.4.5. Busi

Busi adalah alat untuk memercikan bunga api. Ada beberapa macam bahan elektroda busi yang masing-masing memberikan sifat berbeda. Bahan elektroda dari perak mempunyai kemampuan menghantarkan panas yang baik. Tetapi karena harga

perak mahal maka diameter elektroda tengah dibuat kecil. Busi ini umumnya digunakan untuk mesin berkemampuan tinggi atau balap. Bahan elektroda dari platina tahan karat, tahan terhadap panas yang tinggi sertadapat mencegah penumpukan sisa pembakaran. Kontruksi Busi dapat terlihat pada gambar (2.10) di bawah ini.



**Gambar 2.10.** Konstruksi Busi

([www.alumnimuhngawengk.com](http://www.alumnimuhngawengk.com). 2014)

#### **2.4.6. Pengaruh Pengapian**

Sistem pengapian *CDI* merupakan penyempurnaan dari sistem pengapian magnet konvensional (sistem pengapian dengan kontak platina) yang mempunyai kelemahan-kelemahan sehingga akan mengurangi efisiensi kerja mesin. Sebelumnya sistem pengapian pada sepeda motor menggunakan sistem pengapian konvensional.

Dalam hal ini sumber arus yang dipakai ada dua macam, yaitu dari baterai dan pada generator. Perbedaan yang mendasar dari sistem pengapian baterai menggunakan baterai (aki) sebagai sumber tegangan, sedangkan untuk sistem pengapian magnet menggunakan arus listrik *AC* (*alternative current*) yang berasal dari alternator.

Sekarang ini sistem pengapian magnet konvensional sudah jarang digunakan. Sistem tersebut sudah tergantikan oleh banyaknya sistem pengapian *CDI* pada sepeda motor. Sistem *CDI* mempunyai banyak keunggulan dimana tidak dibutuhkan penyetelan berkala seperti pada sistem pengapian dengan platina.

Dalam sistem *CDI* busi juga tidak mudah kotor karena tegangan yang dihasilkan oleh kumparan koil sekunder pengapian lebih stabil dan sirkuit yang ada di dalam unit *CDI* lebih tahan air dan kejutan karena dibungkus dalam cetakan plastik. Pada sistem ini bunga api yang dihasilkan oleh busi sangat besar dan relatif lebih stabil, baik dalam putaran tinggi maupun putaran rendah. Hal ini berbeda dengan sistem pengapian magnet dimana saat putaran tinggi api yang dihasilkan akan cenderung menurun sehingga mesin tidak dapat bekerja secara optimal. Kelebihan inilah yang membuat sistem pengapian *CDI* banyak digunakan sampai saat ini.

Sistem pengapian *CDI* pada sepeda motor sangat penting, dimana sistem tersebut berfungsi sebagai pembangkit atau penghasil tegangan tinggi untuk kemudian disalurkan ke busi. Bila sistem pengapian mengalami gangguan atau kerusakan, maka sistem pembakaran pada ruang bakar akan terganggu dan tenaga yang dihasilkan oleh mesin tidak akan maksimal. Pengapian dengan *CDI* akan lebih menghemat bahan bakar karena lebih sempurna dalam sistem pembakaran.

## 2.5. Perhitungan Torsi, Daya, dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

### 2.5.1. Torsi

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 (Heywood, 1988):

$$T = F \cdot L \dots\dots\dots(1)$$

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

$$T2 \text{ (Torsi motor)} = T1 : \text{rasio gigi (N.m)}$$

Dengan: T : torsi (N.m)

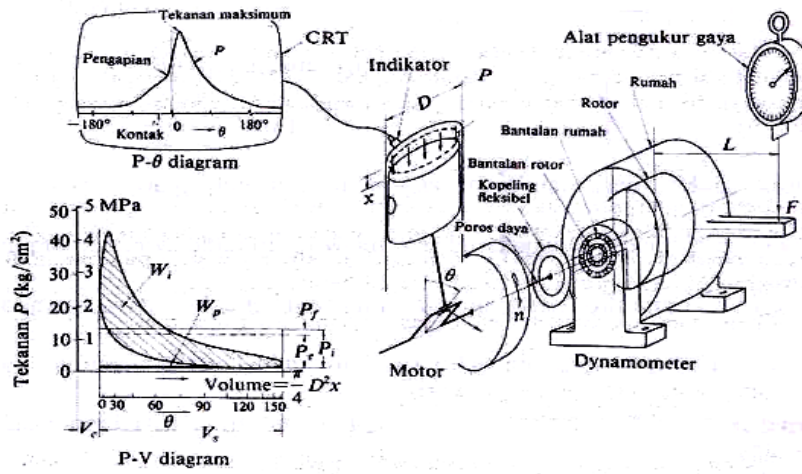
F : gaya yang terukur pada *dynamometer* (N.m)

L : x = panjang lengan pada *dynamometer*

### 2.5.2. Daya

Daya adalah besar usaha yang dihasilkan oleh mesin tiap satuan waktu, didefinisikan sebagai laju kerja mesin. Pada motor bakar, daya yang berguna adalah daya poros. Daya poros ditimbulkan oleh bahan bakar yang dibakar dalam silinder dan selanjutnya menggerakkan semua mekanisme. Unjuk kerja motor bakar pertama-tama tergantung dari daya yang ditimbulkan (Soenarto & Furuham, 1995), seperti terlihat pada gambar (2.11) di bawah ini.





**Gambar 2.11.** Alat Tes Prestasi Motor Bakar  
(Soenarta & Furuham, 1995)

Gambar (2.11) di atas menunjukkan peralatan yang dipergunakan untuk mengukur nilai yang berhubungan dengan keluaran motor pembakaran yang seimbang dengan hambatan atau beban pada kecepatan putaran konstan ( $n$ ). Jika  $n$  berubah, maka motor pembakaran menghasilkan daya untuk mempercepat atau memperlambat bagian yang berputar. Motor pembakaran ini dihubungkan dengan dinamometer dengan maksud mendapatkan keluaran dari motor pembakaran dengan cara menghubungkan poros motor yang akan mengaduk air yang ada di dalamnya. Hambatan ini akan menimbulkan torsi ( $T$ ), sehingga nilai daya ( $P$ ) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{6000} (KW) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- P = Daya (KW)
- n = Putaran mesin (rpm)
- T = Torsi (N.m)

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

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

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

Torak yang didorong oleh gas membuat usaha, baik tekanan maupun suhunya akan turun waktu gas berekspansi. Energi panas diubah menjadi usaha mekanis. Konsumsi energi panas ditunjukkan langsung oleh turunnya suhu. Kalau toraknya tidak mendapatkan hambatan dan tidak menghasilkan usaha gas tidak akan berubah meskipun tekanannya turun.

### 2.5.3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Besar pemakaian konsumsi bahan bakar spesifik (*SFC/Spesifik Fuel Consumption*) ditentukan dalam *g/kWh*. Konsumsi bahan bakar spesifik adalah pemakaian bahan bakar yang terpakai perjam untuk setiap daya yang dihasilkan pada motor bakar (Arismunandar, 2005)

$$SFC = \frac{m_f}{P} \left( \frac{\text{kg}}{\text{kWh}} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana :

*SFC* = Konsumsi bahan bakar sfesifik (*kg/kWh*)

*P* = Daya mesin (*kW*)

Sedangkan nilai (*m<sub>f</sub>*) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$m_f = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} [\text{Kg} / \text{jam}] \dots\dots\dots(3)$$

Dimana :

*b* = Volume gelas ukur (*cc*)

*t* = Waktu pengosongan buret *buret* dalam detik (*s*)

$\rho_{bb}$  = Berat jenis bahan bakar (bensin: 0,74 kg/1)

(*m<sub>f</sub>*) = Adalah penggunaan bahan bakar per jam pada kondisi tertentu

Nilai kalor mempunyai hubungan berat jenis pada umumnya semakin tinggi berat jenis maka semakin rendah kalornya. Pembakaran dapat berlangsung dengan sempurna, tetapi juga dapat tidak sempurna. Jika bahan bakar tidak mengandung bahan-bahan yang tidak dapat terbakar, maka pembakaran akan sempurna sehingga hasil pembakaran berupa gas pembakaran saja.

Pembakaran kurang sempurna dapat berakibat :

1. Kerugian panas dalam motor jadi besar, sehingga efisiensi motor menjadi turun. Usaha dari motor turun pula pada penggunaan bahan bakar yang tetap.
2. Sisa pembakaran terdapat pula pada lubang pembuangan antara katup dan dudukannya, terutama pada katub buang sehingga katub tidak dapat menutup dengan rapat. Sisa pembakaran yang telah menjadi keras yang melekat antara torak dan dinding silinder menghalangi pelumasan, sehingga torak dan silinder mudah aus.
3. Nilai kalor mempunyai hubungan berat jenis pada umumnya semakin tinggi berat jenis maka semakin rendah kalornya. Pembakaran dapat berlangsung dengan sempurna, tetapi juga dapat tidak sempurna. Jika bahan bakar tidak mengandung bahan-bahan yang tidak dapat terbakar, maka pembakaran akan sempurna sehingga hasil pembakaran berupa gas pembakaran saja.
4. Panas yang keluar dari pembakaran dalam silinder, motor akan memanaskan gas pembakaran sedemikian tinggi, sehingga gas-gas itu memperoleh tekanan yang lebih tinggi pula. Tetapi bilamana bahan bakar tidak terbakar dengan sempurna, sebagian bahan bakar itu akan tersisa. Dengan demikian akan terjadi pembakaran gas yang tersisa, apabila dibiarkan lama kelamaan akan menjadi liat bahkan menjadi keras. Akibatnya, panas yang terjadi tidak banyak, sehingga suhu dari gas pembakaran turun dan tekanan gas akan turun pula.