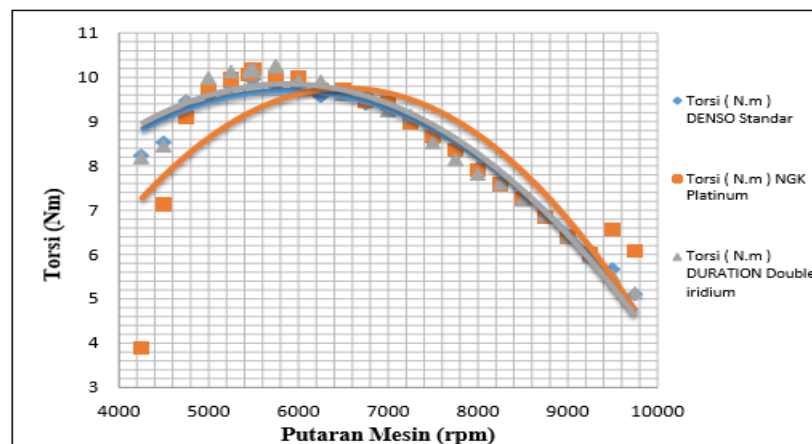


## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

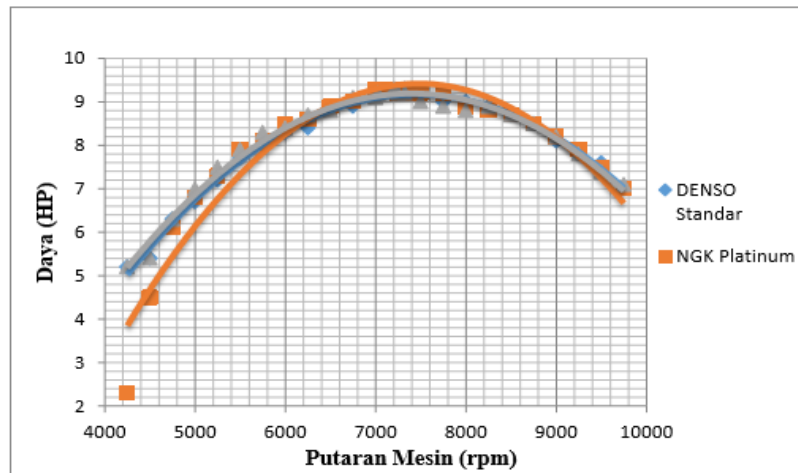
#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Rohman (2016) meneliti mengenai pengaruh penggunaan variasi 3 jenis busi (Denso Standar, NGK Platinum, DURATION *Double Iridium*) terhadap karakteristik percikan bunga api dan kinerja mesin sepeda motor Honda Blade 110 cc. Hasil Penelitian tersebut menunjukkan karakteristik percikan bunga api yang berbeda-beda dimana busi NGK Platinum memiliki percikan bunga api yang paling baik dibanding dua jenis busi lainnya. Selain itu perbedaan jenis busi dapat menghasilkan torsi yang berbeda.



**Gambar 2.1** Grafik Hasil Pengujian Torsi Variasi 3 Busi (Rohman, 2016)

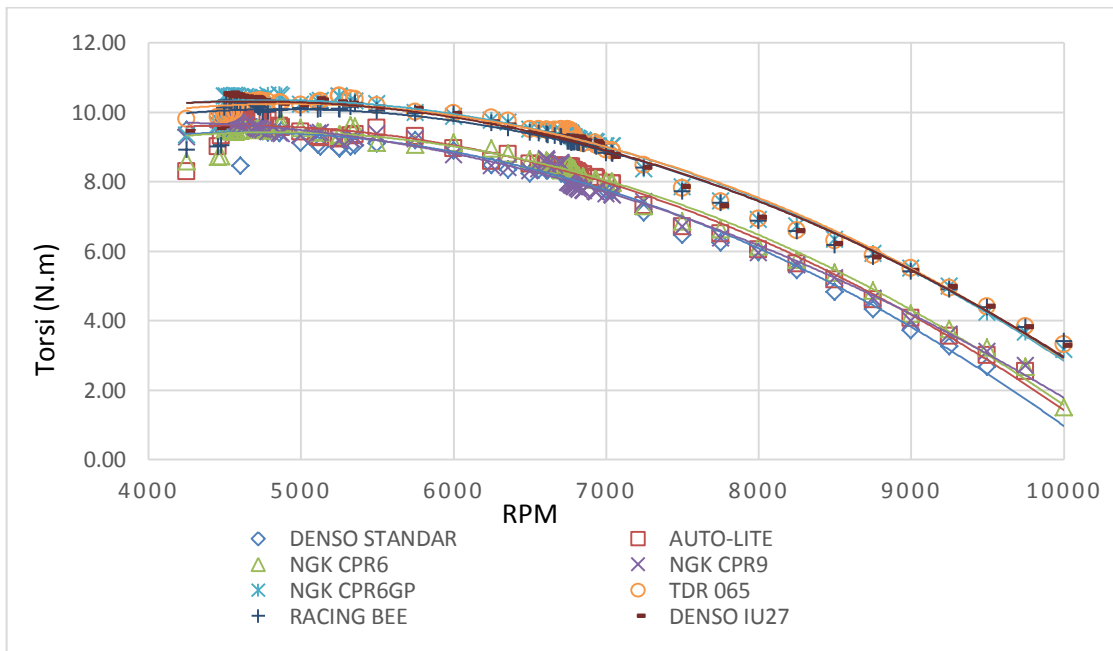
Busi Denso standar memiliki nilai torsi maksimal sebesar 9,99 N.m pada putaran mesin 5457 rpm, busi NGK Platinum memiliki nilai torsi maksimal sebesar 10,18 N.m pada putaran mesin 5486 rpm dan busi DURATION *Double Iridium* memiliki nilai torsi maksimal sebesar 10,26 N.m pada putaran mesin 5747 rpm.



**Gambar 2.2** Grafik Hasil Pengujian Daya Variasi 3 Busi (Rohman, 2016)

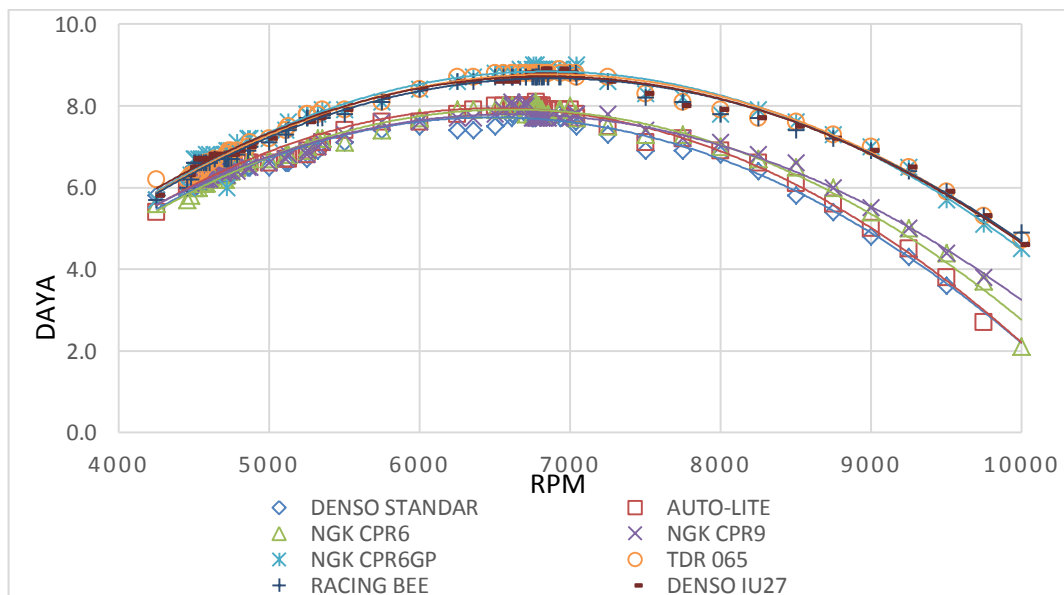
daya maksimal yang dihasilkan dari ketiga jenis busi ini sama besar yaitu 9,3 HP, tetapi pada putaran mesin yang berbeda. Busi NGK Platinum mencapai daya maksimal pada putaran mesin 7029 rpm, busi Denso standar mencapai daya maksimal pada putaran mesin 7325 rpm dan busi *DURATION Double Iridium* pada putaran mesin 7209 rpm. Sedangkan dari hasil pengujian konsumsi bahan bakar diperoleh hasil busi NGK Platinum adalah busi yang paling efisien dalam konsumsi bahan bakar dibanding dua busi lainnya.

Ghilman (2016) meneliti tentang pengaruh variasi penggunaan 8 busi dan CDI racing terhadap karakteristik percikan bunga api dan kinerja sepeda motor honda kharisma X 125 cc CDI Racing berbahan bakar Premium, busi yang digunakan yaitu Denso Standar, Autolite, NGK CPR6, NGK CPR9, NGK CPR6GP, TDR 065, Racing Bee, Denso IU27.



**Gambar 2.3** Grafik Perbandingan Torsi (Ghilman, 2016)

Pada grafik torsi diatas dapat disimpulkan bahwa busi Denso IU27 memiliki nilai torsi paling tinggi yaitu pada 10,54 N.m putaran mesin 4547 rpm.



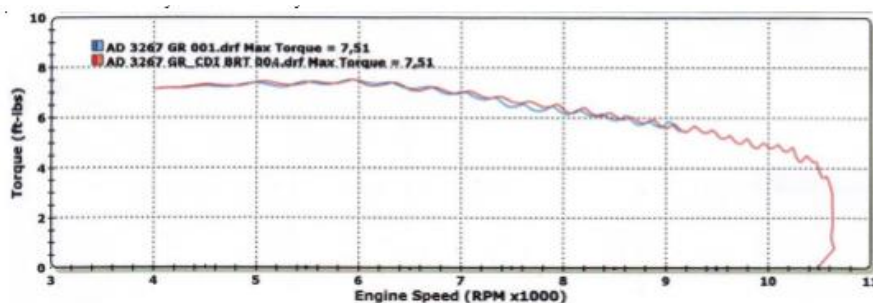
**Gambar 2.4** Grafik Perbandingan Daya (Ghilman, 2016)

Hasil tertinggi pada busi busi NGK Platinum CPR6EAGP-9 memiliki nilai daya 9,0 HP pada putaran mesin 6758 rpm. Dari hasil pengambilan data konsumsi bahan bakar yang paling sedikit di banding 7 busi lainnya yaitu oleh busi Denso

IU27 dalam 1 liter premium bisa mencapai 70,42 km/liter tetapi dengan kecepatan rata-rata 36.31 km/h. Hal ini disebabkan karena busi Denso IU27 memiliki percikan bunga api yang relative konstan dan mempunyai percikan bunga api yang besar dan sempurna dibandingkan dengan 7 busi lainnya.

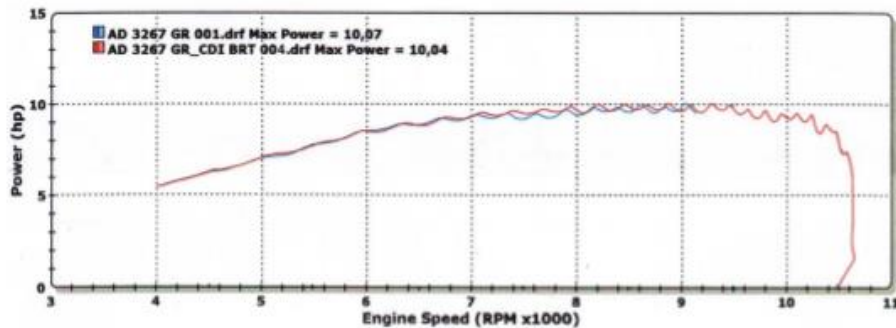
Jenis material elektroda yang berpengaruh terhadap torsi, daya dan konsumsi BBM, tingkat panas busi juga berpengaruh terhadap kinerja mesin. Nurdianto (2015) meneliti tentang pengaruh variasi panas busi terhadap performa mesin motor 4 tak. Pada penelitian ini menggunakan busi merk Denso dan NGK. Masing-masing merk busi diambil dua jenis busi yang memiliki tingkat panas berbeda. Pada busi Denso diambil satu busi panas dengan kode U16FS-U dan satu busi sedang dengan kode U22FS-U, sedangkan merk NGK diambil satu busi panas dengan kode C6HSA dan satu busi sedang dengan kode C7HSA. Dari hasil penelitian diperoleh hasil bahwa penggunaan busi sedang pada motor 4-langkah dapat menaikkan performa mesin dan menurunkan emisi gas buang pada kendaraan tersebut. Sebaliknya jika menggunakan busi panas pada motor secara terus menerus akan menyebabkan performa mesin menurun dan emisi gas buang meningkat. Hal ini disebabkan karena karakteristik dari busi panas tersebut. Karakteristik dari busi panas adalah lambat untuk melepaskan kalor.

Komponen kelistrikan lain yang berpengaruh terhadap kinerja motor salah satunya adalah penggunaan variasi CDI. Purnomo,dkk (2012) meneliti tentang penggunaan CDI standar dan CDI *digital* jenis *hyper band* terhadap torsi dan daya sepeda motor Yamaha Jupiter MX tahun 2008.



**Gambar 2.5** Hasil Pengujian Torsi Variasi CDI Standar dan CDI Hyper Band (Purnomo dkk, 2012)

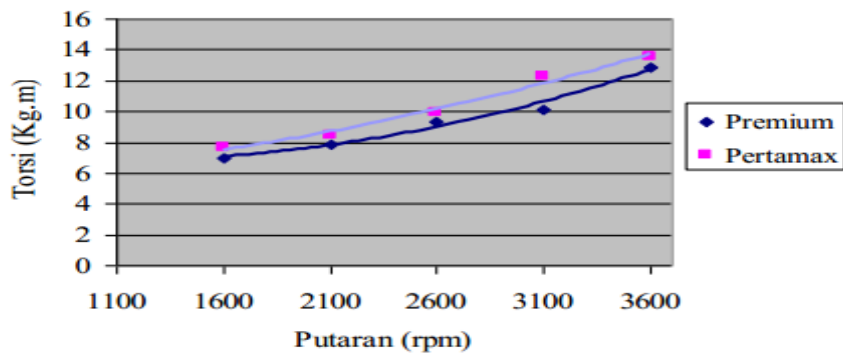
Kedua CDI ini sama-sama menghasilkan torsi maksimal sebesar 10,18 Nm pada putaran 590 rpm.



**Gambar 2.6** Hasil Pengujian Daya Variasi CDI Standar dan CDI Hyper Band (Purnomo dkk, 2012)

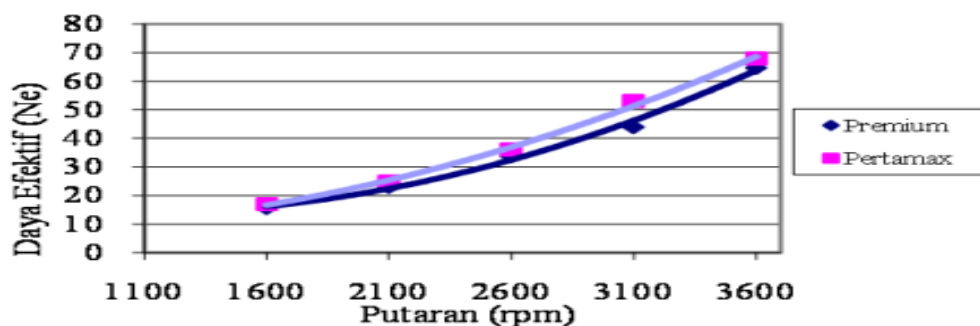
Sedangkan daya maksimal yang dihasilkan CDI standar sebesar 10,07 HP pada putaran 9050 rpm dan daya maksimal yang dihasilkan CDI *digital* jenis *hyper band* sebesar 10,04 HP pada putaran 9100 rpm. Penggunaan CDI *digital* jenis *hyper band* tidak memberikan peningkatan torsi dan daya maksimal dibanding penggunaan CDI standar. Penggunaan CDI *Hyper Band* dapat meningkatkan putaran maksimal mesin dikarenakan tidak menggunakan *limiter*. Putaran mesin maksimal yang dapat dicapai ketika menggunakan CDI standar sebesar 9100 rpm. Sedangkan putaran mesin yang dapat dicapai ketika menggunakan CDI *Hyper Band* sebesar 10600 rpm atau lebih tinggi 1500 rpm dari putaran mesin maksimal yang dapat dicapai CDI Standar. Meningkatnya putaran mesin akan meningkatkan kecepatan maksimal yang dicapai oleh kendaraan.

Nuarsa (2000), meneliti tentang pengaruh pemakaian bahan bakar bensin premium dan pertamax terhadap torsi, daya efektif dan SFCE pada motor bensin empat langkah empat silinder.



**Gambar 2.7** Grafik Hasil Torsi (Nuarsa, 2000)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penggunaan bensin pertamax akan menaikkan torsi suatu motor bensin dibanding dengan pemakaian bensin premium, yang disebabkan karena nilai oktan bensin pertamax lebih tinggi dari bensin premium. Semakin tinggi angka oktan suatu bahan bakar, akan menghasilkan periode penundaan (*delay period*) yang lebih panjang, atau memperpendek waktu yang dipergunakan oleh nyala api untuk merambat dari busi ke bagian yang terjauh dari busi.



**Gambar 2.8** Grafik Hasil Daya (Nuarsa, 2000)

Kedua bahan bakar tersebut akan mempengaruhi daya efektif yang dihasilkan mesin bensin. Dimana dari hasil pengujian yang dilakukan pada putaran motor yang sama akan dihasilkan daya efektif yang berbeda untuk setiap bahan bakar yang digunakan yaitu pada pemakaian premium akan menghasilkan daya efektif yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pemakaian pertamax. Hal ini disebabkan karena perbedaan angka oktan bahan bakar yang digunakan, dimana angka oktan bensin lebih rendah (88) dari pada pertamax (92).

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Pengertian Motor Bakar**

Motor bakar adalah salah satu bagian dari mesin kalor atau mesin konversi energi yang berfungsi untuk mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi mekanik. Pada saat sebelum menjadi energi mekanik, energi panas terjadi karena terlebih dahulu menjadi energi termal melalui adanya proses pembakaran, bahan bakar, udara, dan sistem pengapian. Pembakaran yang terjadi pada motor bakar, pada dasarnya dapat dikategorikan menjadi dua bagian, yaitu mesin pembakaran luar atau *External Combustion Engine* (ECE) dan mesin pembakaran dalam atau *Internal Combustion Engine* (ICE).

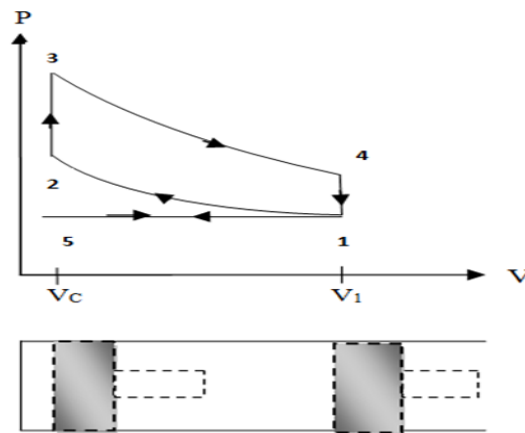
Mesin pembakaran luar adalah suatu mesin yang memiliki sistem pembakaran yang terjadi di luar dari mesin itu sendiri, sehingga untuk melakukan pembakaran tersebut digunakan mesin sendiri. Salah satu contoh yang terdapat pada pembakaran tersebut adalah mesin uap, dimana panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar terjadi di dalam mesin tersebut, sehingga secara tidak langsung dapat diubah menjadi tenaga mekanis. Sedangkan mesin pembakaran dalam atau sering disebut juga dengan motor pembakaran dalam adalah suatu mesin yang dalam proses pembakarannya, bahan bakar dapat secara langsung terjadi di dalam mesin itu sendiri, sehingga panas yang dihasilkan pada pembakaran bahan bakar dapat diubah menjadi energi mekanik. Salah satu contoh yang terdapat pada pembakaran tersebut adalah motor bakar pada uap.

Selain itu jika dilihat dari penggunaan bahan bakarnya, jenis motor bakar terdiri atas dua jenis, yaitu motor bensin atau mesin bensin yang dikenal sebagai mesin otto dan motor diesel. Perbedaan yang terdapat pada kedua motor tersebut adalah bahan bakar dan sistem penyalanya yang berbeda. Bahan bakar yang digunakan pada motor bensin adalah Premium, Pertalite, dan Pertamina, sedangkan pada motor diesel adalah dengan menggunakan bahan bakar Solar dan Pertamina Dex. Sistem penyalan pada motor bensin terjadi karena percikan

bunga api dari elektroda busi sedangkan pada motor diesel terjadi dengan memanfaatkan suhu kompresi yang tinggi untuk mendapatkan bahan bakar.

### 2.2.2 Siklus Termodinamika

Siklus termodinamika merupakan serangkaian perubahan yang terjadi dalam keadaan berturut-turut yang dialami oleh sejumlah gas, oleh sebab itu dapat kembali ke keadaan semula baik dari tekanan volume maupun temperaturnya. Siklus yang digunakan pada motor bensin adalah menggunakan siklus *Otto* (*Otto Cycle*). Siklus udara-konstan (*Otto*) dapat digambarkan pada grafik sebagai berikut :



**Gambar 2.9** Diagram P dan V pada siklus Otto (Arismunandar, 2002)

Keterangan gambar :

- P = Tekanan fluida kerja (kg/cm<sup>2</sup>)
- V = Volume spesifik (m<sup>3</sup>/kg)
- qm = Jumlah kalor yang dimasukkan (kcal/kg)
- qk = Jumlah kalor yang dikeluarkan (kcal/kg)
- VL = Volume langkah torak (m<sup>3</sup> atau cm<sup>3</sup>)
- Vs = Volume sisa (m<sup>3</sup> atau cm<sup>3</sup>)
- TMA = Titik mati atas
- TMB = Titik mati bawah

Dalam gambar 2.9 bekerja menurut urutan-urutan sebagai berikut, mulai dari kedudukan torak penghisap pada titik mati atas.



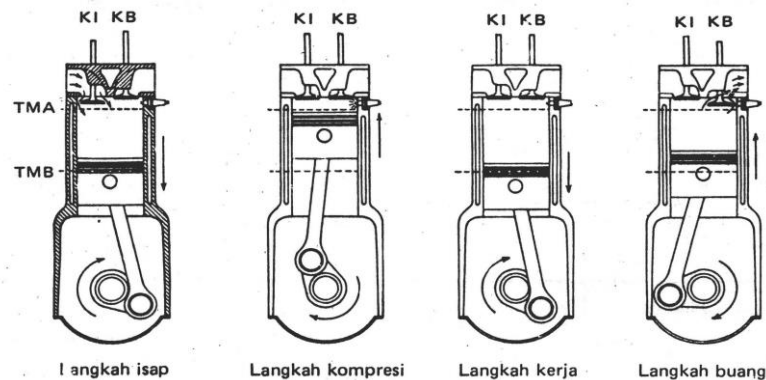
- a. Campuran bahan bakar dan udara yang diuapkan ke silinder pada langkah hisap dari torak penghisap, 0-1.
- b. Campuran ditekan keatas dari torak 1-2.
- c. Campuran dinyalakan dengan percikan bunga api dan pembakaran dilakukan pada volume konstan, 2-3.
- d. Gas panas berekspansi untuk menimbulkan langkah kerja, 3-4
- e. Katup buang terbuka dan hasil sisa pembakaran mengalir keluar, 4-1
- f. Langkah buang, 1-0
- g. Siklus dianggap ‘tertutup’; artinya siklus ini berlangsung dengan fluida kerja yang sama; atau, gas yang berada dalam silinder pada titik 1 dapat dikeluarkan dari dalam silinder pada waktu langkah buang, tetapi pada langkah isap berikutnya akan masuk sejumlah fluida kerja yang sama.

Motor bensin ini dapat dibagi menjadi dua jenis menurut prinsip kerjanya. Jenis-jenis motor bensin ini adalah motor bensin dua langkah dan motor bensin empat langkah.

### **2.2.3 Prinsip Kerja Motor Bensin (*Otto*)**

#### **A. Motor Bensin (*Otto*) Empat Langkah**

Motor empat langkah merupakan motor yang menyelesaikan satu siklus pembakarannya dalam empat langkah torak atau dengan dua kali putaran poros engkol. Satu siklus kerja motor bakar yang dimaksud adalah mengadakan proses pengisian atau langkah hisap (*Suction Stroke*), langkah kompresi (*Compression Stroke*), langkah kerja atau ekspansi (*Expansion Stroke*) dan langkah pembuangan. Pada motor empat langkah tersebut, titik atas yang mampu dicapai oleh gerakan torak disebut dengan titik mati atas (TMA). Sedangkan pada titik terendah yang mampu dicapai oleh torak pada silinder disebut dengan titik mati bawah (TMB). Skema masing-masing langkah gerakan torak di dalam silinder motor bakar 4 langkah tersebut ditunjukkan dalam gambar berikut ;



**Gambar 2.10** Siklus Kerja Motor Bakar Empat Langkah  
(Arismunandar, 2002)

Keterangan :

a) Langkah Hisap (*Suction Stroke*)

1. Torak bergerak dari posisi TMA (titik mati atas) ke TMB (titik mati bawah)
2. Katup KI (katup isap) terbuka dan katup KB (katup buang) tertutup.
3. Campuran udara dengan bahan bakar yang telah tercampur di dalam karburator masuk ke dalam ruang silinder melalui katup inlet.

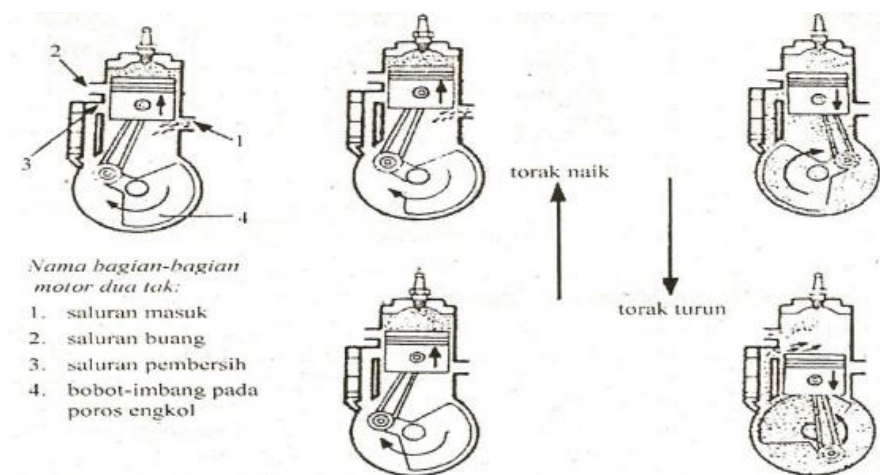
b) Langkah Kompresi (*Compression Stroke*)

1. Torak bergerak dari posisi TMA (titik mati atas) ke TMB (titik mati bawah).
2. Katup masuk dan katup buang kedua-duanya tertutup sehingga gas yang telah dihisap tidak keluar pada waktu ditekan oleh torak yang mengakibatkan tekanan gas naik.
3. Beberapa saat sebelum torak mencapai TMB busi mengeluarkan bunga api listrik.
4. Gas bahan bakar yang telah mencapai tekanan tinggi akan terbakar.
5. Akibat pembakaran bahan bakar, tekanan akan naik kira-kira menjadi tiga kali lipat dari temperatur awal.

- c) Langkah Kerja atau ekspansi (*Expansion Stroke*)
1. Kedua katup yaitu katup masuk dan katup buang sama-sama dalam keadaan tertutup.
  2. Gas terbakar dengan tekanan yang tinggi akan mengembang kemudian menekan torak agar turun ke bawah dari TMA ke TMB.
  3. Tenaga ini disalurkan melalui batang penggerak dan selanjutnya diubah menjadi energi gerak berputar (rotasi) oleh poros engkol
- d) Langkah Buang
1. Katup masuk dalam keadaan tertutup sedangkan katup buang dalam keadaan terbuka.
  2. Torak bergerak dari TMA ke TMB.
  3. Torak mendorong gas sisa hasil pembakaran keluar ke lingkungan melalui katup buang.

## B. Motor Bensin Dua Langkah

Motor bensin dua langkah merupakan mesin yang memiliki proses pembakaran yang dilakukan pada satu kali putaran poros engkol yang mengakibatkan piston bergerak dua kali. Gerakan torak dua langkah dapat dipaparkan pada gambar berikut ini :



**Gambar 2.11** Skema Gerakan Torak Dua Langkah  
(Arismunandar, 2002)

Siklus kerja motor dua langkah dapat dipaparkan sebagai berikut :

1. Langkah Hisap

Sebelum torak mencapai TMA, busi dinyalakan pada motor bensin sehingga terjadi proses pembakaran. Hal ini terjadi karena proses torak terdorong dari TMA menuju TMB. Pada saat saluran pembersih masih tertutup oleh torak, maka di dalam bak mesin tersebut terjadi kompresi terhadap campuran bensin dan udara. Hasil pembakaran sebelumnya dari gas sisa pembakaran sudah mulai terbuang melalui saluran buang. Proses ini terjadi di atas torak. Oleh sebab itu, pada saat saluran pembersih sudah terbuka, maka campuran antara bensin dengan udara akan mengalir melalui saluran pembersih lalu masuk ke dalam ruang bakar.

2. Langkah kompresi

Pada saat sebelum TMA busi memercikan bunga api, diruang atas piston terjadi kompresi yang menyebabkan udara dan campuran bahan bakar yang berada di atas piston menjadi panas dan memiliki tekanan tinggi. Hal itu menyebabkan campuran antara udara dan bahan bakar yang berada di atas piston terbakar dan meledak.

3. Langkah Kerja/Ekspansi

Langkah hisap dan langkah kompresi yang dilakukan diatas menghasilkan bahwa pada saat torak kembali dari TMA ke TMB yang diakibatkan adanya tekanan besar yang terjadi pada saat pembakaran bahan bakar. Hal itu menyebabkan torak bergerak turun dan sekaligus mengompersi bahan bakar baru yang terdapat di dalam bak mesin.

4. Langkah Buang

Pada saat torak mencapai TMB, saluran buang dalam kondisi terbuka dan gas sisa dari pembakaran mengalir terbuang keluar. Bahan bakar dan udara yang akan masuk ke dalam ruang bakar akan melalui rongga pembersih. Untuk mengadakan langkah sebagai pengulangan dari yang dijelaskan sebelumnya setelah mencapai TMB kembali.

#### 2.2.4. Proses Pembakaran

Pembakaran di dalam silinder adalah reaksi kimia tu reaksi persenyawaan bahan bakar dengan udara (oxygen), yang diikuti dengan timbulnya panas. Panas yang dilepas selama proses pembakaran inilah yang digunakan untuk tenaga/power. Mekanisme pembakaran dipengaruhi oleh keseluruhan proses pembakaran di mana atom-atom dari bahan bakar dapat bereaksi dengan oksigen dan membentuk gas. Perbandingan campuran kira-kira 12 sampai 15 berbanding 1, artinya 12 – 15 kg udara dalam 1 kg bahan bakar.

Pada motor bensin menggunakan bahan bakar bensin yang mudah terbakar dan mudah menguap. Campuran udara dan bensin yang masuk kedalam silinder dan dikompresikan oleh torak pada tekanan 8-15 bar atau 8-15 kg/cm<sup>2</sup> dinyalakan oleh loncatan bunga api listrik (busi). Kecepatan pembakaran 10 -25 m/det, suhu udara naik hingga 2000-25000 C , tekanan pembakaran berkisar 30- 40 bar. Proses pembakaran pada motor bensin dapat terjadi apabila :

- a. Campuran bahan bakar udara masuk kedalam silinder.
- b. Campuran dikompresikan.
- c. Bahan bakar dinyalakan dengan bunga api listrik (busi).

Bensin mengandung unsur-unsur carbon dan hydrogen yang dapat terbakar apabila :

- a. Hydrocarbon terbakar bersama oxygen sebelum carbon bergabung dengan oxygen.
- b. Carbon terbakar lebih dahulu daripada hydrogen.
- c. Senyawa hydrocarbon terlebih dahulu bergabung dengan oxygen dan membentuk senyawa (senyawa hidroksilasi) dan kemudian terbakar (thermis).

Jika pembakaran berlangsung, diperlukan :

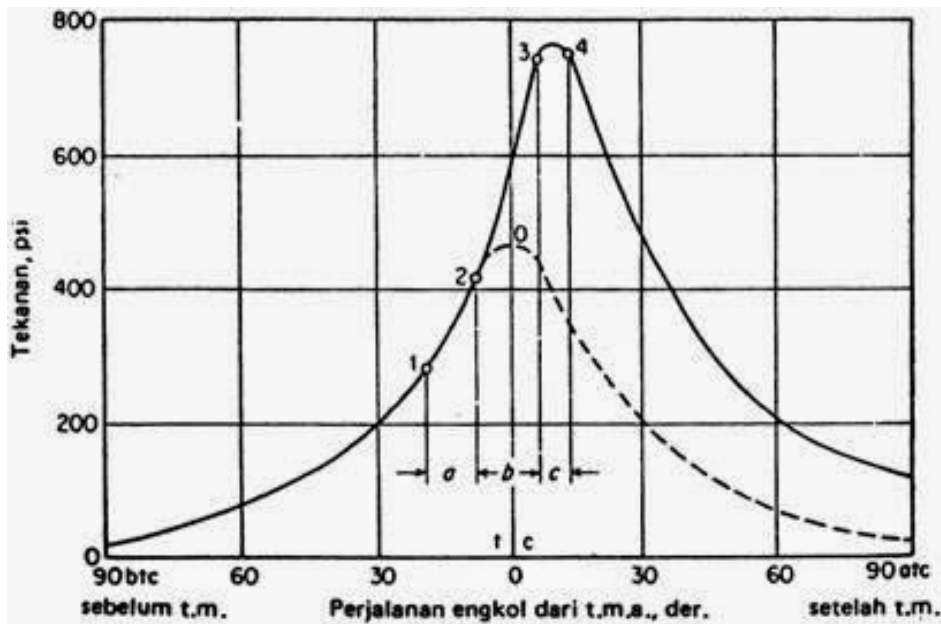
1. Bahan bakar dan udara dimasukkan kedalam silinder.
2. Bahan bakar dipanaskan hingga suhu nyala.

Dalam pembakaran hydrocarbon yang normal tidak akan terjadi jelaga jika kondisinya memungkinkan untuk proses hydroxilasi. Hal ini dimungkinkan bila pencampuran pendahuluan (premixture) antara bahan bakar dan udara mempunyai waktu yang cukup untuk memasukan oxygen kedalam molekul hydrocarbon.

Bila oxygen dan hydrogen tidak bercampur dengan baik, maka akan terjadi proses cracking di mana pada nyala akan timbul asap. Pembakaran semacam ini disebut pembakaran tidak sempurna.

Ada 2 kemungkinan yang dapat terjadi pada pembakaran motor bensin, yaitu:

1. Pembakaran sempurna (normal), di mana bahan bakar dapat terbakar seluruhnya pada saat dan kondisi beban yang dikehendaki.
2. Pembakaran tidak sempurna (tidak normal), di mana sebagian bahan bakar tidak ikut terbakar, atau atau tidak terbakar bersama-sama pada saat dan kondisi yang dikehendaki.



**Gambar 2.12** Grafik Pembakaran Sempurna.

Pada gambar 2.12 memperlihatkan suatu grafik yang menunjukkan hubungan antara tekanan dari sudut engkol mulai dari saat penyalaan sampai akhir pembakaran. Proses atau tingkatan pembakaran dalam sebuah mesin terbagi menjadi empat tingkat atau periode yang terpisah. Periode-periode tersebut adalah:

1. Keterlambatan pembakaran (Delay Periode)

Periode pertama dimulai dari titik 1 yaitu mulai disemprotkannya bahan bakar sampai masuk kedalam silinder, dan berakhir pada titik 2. Perjalanan ini sesuai dengan perjalanan sudut engkol  $a$  selama periode ini berlangsung tidak terdapat kenaikan tekanan yang melebihi kompresi udara yang dihasilkan oleh torak, dan selanjutnya bahan bakar masuk terus menerus melalui nosel.

2. Pembakaran Cepat

Pada titik 2 terdapat sejumlah bahan bakar dalam ruang bakar, yang dipecah halus dan sebagian menguap kemudian siap untuk dilakukan pembakaran. Ketika bahan bakar dinyalakan yaitu pada titik 2 akan menyala dengan cepat yang mengakibatkan kenaikan tekanan mendadak

sampai pada titik 3 tercapai. Periode ini sesuai dengan perjalanan sudut engkol b yang membentuk tingkat kedua.

### 3. Pembakaran Terkendali

Setelah titik 3 bahan bakar yang belum terbakar dan bahan bakar yang masih tetap disemprotkan (diinjeksikan) terbakar pada kecepatan yang tergantung pada kecepatan penginjeksian serta jumlah distribusi oksigen yang masih ada dalam udara pengisian. Periode inilah yang disebut jumlah distribusi oksigen yang masih ada dalam udara pengisian. Periode inilah yang disebut dengan periode terkendali atau disebut juga pembakaran sedikit demi sedikit yang akan berakhir pada titik 4 dengan berhentinya injeksi. Selama tingkat ini tekanan dapat naik konstan ataupun turun. Periode ini sesuai dengan perjalanan engkol sudut c, dimana sudut c tergantung pada beban yang dibawa beban mesin, semakin besar bebannya semakin besar c.

### 4. Pembakaran Pasca (after burning)

Bahan bakar sisa dalam silinder ketika penginjeksian berhenti dan akhirnya terbakar. Pada pembakaran pasca tidak terlihat pada diagram. Dikarenakan pemunduran torak mengakibatkan turunnya tekanan meskipun panas anas yang ditimbulkan oleh pembakaran bagian akhir bahan bakar. Dalam pembakaran hidrokarbon yang biasa tidak akan terjadi gejala apabila memungkinkan untuk proses hidrolisis. Hal ini hanya akan terjadi bila pencampuran pendahuluan antara bahan bakar dengan udara mempunyai waktu yang cukup sehingga memungkinkan masuknya oksigen ke dalam molekul hidrokarbon

#### **a. Pembakaran Sempurna (Normal)**

Mekanisme pembakaran normal dalam motor bensin dimulai pada saat terjadinya loncatan bunga api pada busi. Selanjutnya api membakar gas bakar yang berada di sekelilingnya dan terus menjalar ke seluruh bagian sampai semua partikel gas bakar terbakar habis. Mekanisme pembakaran normal dalam motor bensin dimulai pada saat terjadinya loncatan api pada busi. Selanjutnya api



membakar gas bakar yang berada disekelilingnya dan terus menjalar sampai seluruh partikel terbakar. Pada saat gas bakar dikompresikan , tekanan dan suhunya naik sehingga terjadi reaksi kimia dimana molekul hidro karbon terurai dan bercampur dengan oxygen dan udara. Bentuk ruang bakar yang dapat menimbulkan turbulensi pada gas tadi akan membuat gas dapat bercampur secara homogen

### **b. Pembakaran Tidak Sempurna (Autoignition)**

Pembakaran tidak sempurna merupakan proses pembakaran dimana sebagian bahan bakar tidak ikut terbakar, atau tidak terbakar bersama pada saat keadaan yang dikehendaki. Bila oxygen dan hidrokarbon tidak bercampur dengan baik maka akan terjadi proses pembakaran tidak normal timbul asap. Pembakaran semacam ini disebut pembakaran tidak sempurna. Akibat pembakaran tidak sempurna yaitu: Detonasi, dan Pre-ignition

#### 1). Detonasi

Dalam hal ini gas baru yang belum terbakar terdesak oleh gas yang telah terbakar, sehingga tekanan dan suhu naik sampai keadaan hampir terbakar. Jika pada saat ini gas terbakar dengan sendirinya maka akan timbul ledakan (detonasi) yang menghasilkan gelombang kejutan (explosip) berupa suara ketukan (knocking noise) yang terjadi pada akhir pembakaran. Tekanan pembakaran dalam silinder lebihcept dari 40kg/cm<sup>2</sup> tiap 0,001 detik. Akibatnya tenaga mesin berkurang dan akan memperpendek umur mesin. Hal-hal yang menyebabkan knocking adalah:

- a. Perbandingan kompresi yang tinggi, tekanan kompresi, suhu pemanasan campuran, dan suhu silinder yang terlalu tinggi.
- b. Pengapian yang terlalu cepat.
- c. Putaran mesin rendah dan penyebaran api lambat.

d. Penempatan busi dan konstruksi ruang bakar tidak tepat, serta jarak penyebaran api terlampau jauh.

Penyebab detonasi pada motor bensin terbagi dalam dua jenis :

a). Detonasi karena campuran bahan bakar sudah menyala sebelum busi mengeluarkan bunga api. Hal ini disebabkan karena kotoran-kotoran arang yang tertimbun diatas kepala torak dan ruang bakar dan menyala terus menerus.. Untuk menghilangkannya kotoran-kotoran yang menempel perlu dibersihkan.

b). Detonasi karena kecepatan pembakaran bahan bakar di sekitar busi sangat tinggi. Hal ini mengakibatkan bahan bakar tidak dapat terbakar secara sempurna dan meninggalkan sisa bahan bakar yang belum terbakar terkompresikan, menyebabka suhu pembakaran naik. Bahan bakar terbakar dengan sendirinya tanpa melalui busi. Artinya pembakaran bahan bakar lebih cepat daripada pembakaran normal.

2). Pre-ignition

Gejala pembakaran tidak sempurna adalah pre-ignation peristiwanya hampir sama dengan knocking tetapi terjadi hanya pada saat busi belum memercikan bunga api bahan bakar terbakar dengan sendirinya sebagai akibat dari tekanan dan suhu yang cukup tinggi sebelum terjadinya percikan bunga api pada busi. Jadi pre-ignation adalah peristiwa pembakaran yang terjadi sebelum sampai pada waktu yang dikehendaki.

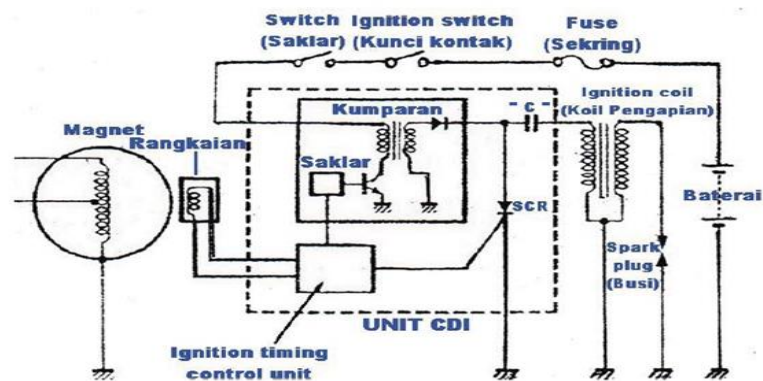
### **C. Pembakaran Tidak Lengkap**

Pembakaran tidak lengkap yaitu apabila saat terjadinya loncatan bunga api pada busi untuk membakar semua hydrogen dan oxygen yang terkandung dalam campuran bahan bakar masih ada kelebihan atau kekurangan oxygen atau hydrogebn.

### 2.2.5 Sistem Pengapian

Sistem pengapian merupakan suatu sistem yang penting dalam setiap motor bensin dimana fungsi dari sistem pengapian ini adalah untuk membakar campuran bahan bakar dan udara yang ada didalam ruang bakar motor bensin. Sistem pengapian sendiri memiliki beberapa tahap atau proses yaitu tahap penyediaan dan penyimpanan energi listrik di baterai, menghasilkan tegangan tinggi kemudian menyalurkan tegangan tinggi tersebut ke busi, untuk selanjutnya busi melepaskan bunga api pada elektrodanya. Tanpa adanya tahapan tersebut maka pembakaran yang terdapat di dalam sebuah motor bensin tidak akan terjadi.

Sistem pengapian memiliki komponen-komponen penting di dalamnya yang dapat dijabarkan sebagai berikut:



**Gambar 2.13** Skema Sistem Pengapian

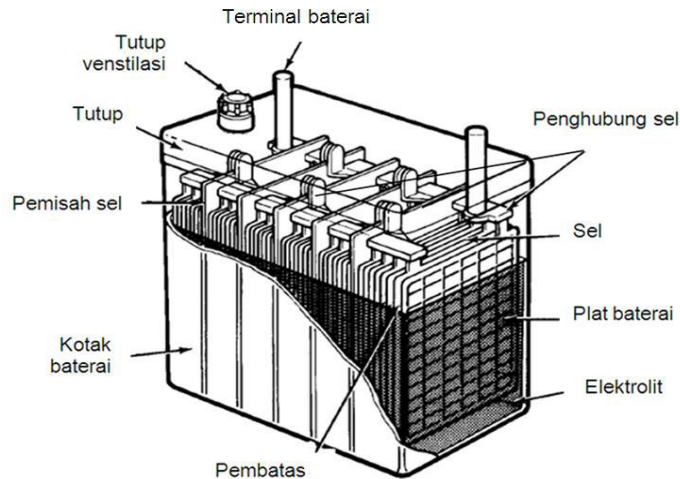
(Daryanto, 2008)

Komponen-komponen yang berperan penting dalam sistem pengapian yang akan dijelaskan sebagai berikut :

#### 1. Baterai

Baterai merupakan sumber arus yang berperan sangat penting untuk lampu-lampu pada kendaraan. Selain itu, baterai juga berperan dalam menyediakan arus pada sistem pengapian. Prinsip kerja yang dilakukan oleh baterai adalah ketiak kutub positif dan kutub negatif yang bereaksi dengan larutan elektrolit yang berupa asam sulfat dan akan terjadinya pelepasan

muatan elektron. Oleh sebab itu, elektron yang bergerak dari kutub negatif ke kutub positif yang akan menjadi arus listrik.



**Gambar 2.14** Konstruksi Baterai  
(PT. Toyota Astra Motor, 1995)

## 2. CDI (*Capasitor Discharge Ignition*)

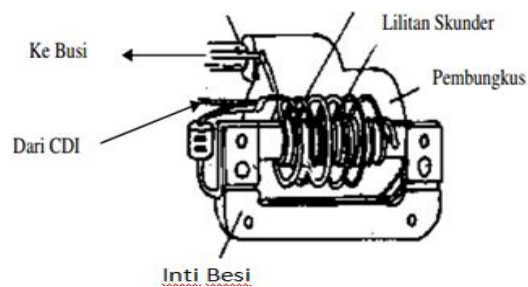
CDI memiliki fungsi untuk mengatur waktu kapan munculnya percikan bunga api di busi yang akan membakar bahan bakar yang telah dipadatkan oleh piston pada ruang bakar. Kerja CDI didukung oleh pulser sebagai sensor posisi piston dimana sinyal dari pulser akan memberikan arus pada SCR (*Silicon Controller Rectifier*) yang akan membuka sehingga arus yang ada di dalam kapasitor di dalam CDI dilepaskan. Selain didukung oleh pulser, kinerja CDI juga didukung oleh baterai (pada CDI DC) atau spul (pada CDI AC) dimana sebagian sumber arus diolah oleh CDI. Tentunya CDI didukung oleh koil pengapian sebagai pelipat tegangan yang dikirim ke busi.



**Gambar 2.15** CDI (*Capasitor Discharge Ignition*)

### 3. Koil Pengapian

Dalam sistem pengapian koil memiliki peranan untuk mengubah arus yang diterima dari CDI menjadi tegangan tinggi agar dapat menghasilkan percikan bunga api pada elektroda busi. Arus listrik yang datang dari baterai kemudian masuk ke dalam koil. Arus yang masuk ke dalam koil memiliki tegangan sekitar 12 volt yang kemudian tegangan ditingkatkan menjadi sekitar 10.000 volt oleh koil. Koil mempunyai dua kumparan yaitu kumparan primer dan sekunder yang dililitkan pada plat besi tipis yang bertumpuk. Pada gulungan primer terdapat lilitan kawat berdiameter 0,6 sampai 0,9 mm dengan jumlah lilitan sebanyak 200 lilitan. Sedangkan pada kumparan sekunder terdapat lilitan kawat berdiameter 0,5 sampai 0,8 mm dengan jumlah lilitan sebanyak 20.000 lilitan. Karena perbedaan pada jumlah lilitan kawat pada kumparan primer dan sekunder maka pada kumparan sekunder akan timbul tegangan kurang lebih sebesar 10.000 volt. Arus dengan tegangan tinggi ini timbul diakibatkan tegangan induksi pada kumparan sekunder.



**Gambar 2.16** Koil Pengapian

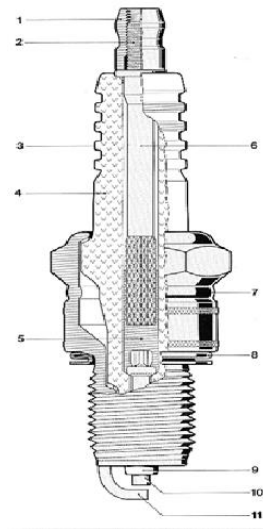
(Daryanto, 2004)

#### 4. Busi

Busi (*spark plug*) merupakan salah satu komponen di dalam sistem pengapian pada motor bensin. Busi memiliki dua elektroda yakni tengah dan elektroda negatif (massa). Dalam sistem pengapian busi berfungsi untuk memercikkan bunga api yang diperlukan untuk membakar campuran bahan bakar dan udara yang telah dikompresi sehingga terjadi langkah usah.

Setelah arus listrik dibangkitkan oleh koil pengapian (*ignition coil*) menjadi arus listrik tegangan tinggi yang kemudian arus tersebut mengalir menuju distributor lalu menuju kabel tegangan tinggi dan akhirnya ke busi. Loncatan bunga api yang terjadi di celah elektroda busi memiliki tegangan sekitar 10.000 volt. Karena busi mengalami tekanan, temperatur tinggi dan getaran yang sangat keras maka material yang digunakan untuk pembuatan busi haruslah tahan terhadap hal-hal tersebut. Pada setiap mesin biasanya sudah ditentukan oleh pabrik busi yang disarankan untuk dipakai pada mesin tersebut. Pada umumnya perancangan busi diperuntukkan untuk keadaan panas (temperatur tinggi) dalam ruang bakar motor bensin. Secara garis besar jenis busi ada 3 macam yaitu busi panas, busi sedang (*medium type*) dan busi dingin.

Busi panas merupakan busi yang menyerap dan melepaskan panas dengan lambat. Busi panas hanya diperuntukkan pada mesin yang memiliki temperatur yang rendah di dalam ruang bakarnya. Busi dingin dapat diartikan sebagai busi yang menyerap serta melepaskan panas dengan sangat cepat. Pemakaian jenis busi ini pada mesin yang memiliki temperatur tinggi di dalam ruang bakarnya. Berikut ini merupakan gambaran konstruksi sebuah busi:



**Gambar 2.17** Konstruksi Busi

Keterangan gambar:

1. Mur terminal busi;
2. Ulir terminal busi;
3. Barrier;
4. Insulator;
5. Seal Penghantar khusus;
6. Batang terminal;
7. Bodi;
8. Gasket;
9. Isolator;
10. Elektroda tengah;
11. Elektroda massa.

Walaupun konstruksi dari busi bisa dibilang sederhana tetapi kerja dari busi tersebut sangatlah berat, temperatur pada elektroda busi pada saat langkah pembakaran bisa mencapai suhu sekitar 2000°C. Setelah temperatur tinggi kemudian temperatur turun drastis pada saat langkah hisap (bahan bakar dan udara masuk ke dalam silinder). Perubahan temperatur ini terjadi berulang-ulang kali seriap 1 siklus langkah kerja. Selain itu busi juga

menerima tekanan yang tinggi terutama pada saat langkah pembakaran yang bisa mencapai 45 atm.

Busi sendiri memiliki berbagai macam jenis, jenis-jenis busi dapat dilihat pada pemaparan di bawah ini:

### **1. Busi Standar**

Busi standar adalah jenis busi yang dianjurkan oleh pabrik untuk setiap kendaraan. Kedua elektroda busi ini berbahan nikel dengan diameter elektroda rata-rata 2,5 mm.



**Gambar 2.18** Jenis Busi Standar

### **2. Busi Platinum**

Busi jenis ini elektroda tengahnya terbuat dari platinum sedangkan ujung elektrodanya terbuat dari nikel. Diameter elektroda tengah sekitar 0,5-0,8 mm. Ujung elektroda tengah busi ini berbentuk mengerucut yang dapat membuat busi platinum ini mudah melepaskan elektron.



**Gambar 2.19** Jenis Busi Platinum



### 3. Busi Resistor

Busi ini biasa dipakai pada motor yang menggunakan sistem injeksi bahan bakar. Cirinya adalah kode huruf R (Resistor) pada busi. Resistor 5 kilo ohm disisipkan ketengah busi yang bertujuan memperlemah gelombang elektromagnetik yang ditimbulkan oleh loncatan bunga api di busi yang dapat mempengaruhi ECU (*Electronic Control Unit*).



**Gambar 2.20** Jenis Busi Resistor

### 4. Busi Iridium

Busi ini memiliki ujung elektroda yang terbuat dari nikel sedangkan elektroda tengahnya terbuat dari *iridium alloy* berwarna platinum buram. Diameter elektroda tengahnya sekitar 0,4 mm dan berbentuk lebih kecil dibanding busi standar dan busi platinum. Ukuran elektroda tengah pada busi *iridium* mempengaruhi *output* tegangan yang dihasilkan dari koil untuk melakukan proses pembakaran pada langkah akhir kompresi.



**Gambar 2.21** Jenis busi *Iridium*

## 5. Busi *Twin Iridium*

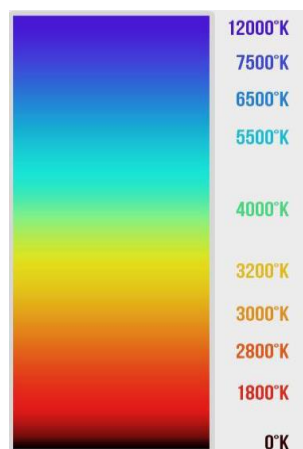
Busi jenis ini merupakan pengembangan dari busi *single iridium*. Pada busi *twin iridium* kedua elektrodanya terbuat dari bahan iridium sehingga membuat busi menjadi lebih tahan lama dan pengapian lebih baik.



**Gambar 2.22** Jenis Busi *Twin Iridium*

Hal-hal yang dipaparkan di atas merupakan berbagai jenis busi yang ada pada saat ini dan busi yang sedang dikembangkan oleh para ilmuwan.

Pada tiap jenis busi mempunyai kemampuan tersendiri dalam menghasilkan besar dan warna bunga api tergantung pada celah busi, jenis bahan elektroda dan bentuk elektroda busi. Bunga api yang dihasilkan busi mempunyai warna masing-masing dan mempunyai temperatur yang berbeda pada tiap warna yang dihasilkan. Beberapa warna dan temperatur yang dihasilkan pada busi adalah sebagai berikut :



**Gambar 2.23** Grafik Suhu Warna (andri, 2016)

Pada penggunaan sebuah busi selain perlu mengetahui jenis-jenis busi masih terdapat pula hal lain yang harus diperhatikan yakni bagaimana cara merawat busi karena busi adalah salah satu komponen yang memiliki tugas penting pada sistem pengapian motor bensin. Di bawah ini adalah langkah-langkah untuk merawat busi:

1. Sediakan kunci busi, kemudian bukalah busi. Sediakan pula sikat kawat dan bensin. Jangan membersihkan dengan menggunakan amplas pada bagian elektroda busi karena akan memperpendek umur busi;
2. Bersihkan kotoran yang menumpuk pada kepala busi dengan menggunakan sikat amplas yang sudah dicelupkan ke dalam bensin;
3. Setel jarak celah busi, namun hal ini tergantung dari jenis kendaraan yang digunakan;
4. Tes pengapiannya. Caranya dengan meletakkan ujung kepala busi kemudian start. Apabila bunga apinya sudah normal maka sudah cukup baik saat dibersihkan;
5. Periksa juga kabel busi. Apabila kabel busi sudah berumur dapat mengakibatkan hantaran listrik jadi berkurang;
6. Lakukan hal-hal di atas secara berkala.

### **2.2.6 Bahan Bakar**

Bahan bakar merupakan suatu materi yang dapat dirubah menjadi suatu energi. Pada umumnya, bahan bakar yang mengandung energi panas yang bisa dilepaskan serta dimanipulasi. Bahan bakar yang biasanya dipakai manusia pada kendaraan adalah lewat sistem pembakaran (reaksi redoks), dimana bahan bakar tersebut melepaskan panas sesudah direaksikan dengan oksigen.

#### **1. Angka Oktan Bahan Bakar**

Angka oktan pada bensin termasuk suatu bilangan yang menunjukkan sifat anti berdetonasi, yaitu makin tinggi angka oktan maka semakin berkurang kemungkinannya untuk terjadi detonasi (knocking). Dengan kurangnya intensitas untuk berdetonasi akan berakibat bahan bakar dengan udara yang dikompresikan

didalam ruang bakar yang menjadi tenaga motor akan semakin besar dan lebih irit dalam konsumsi bahan bakar.

Besarnya angka oktan dalam bahan bakar itu tergantung pada presentase iso-oktan (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>) dan normal hepta (C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>) yang terkandung. Bahan bakar yang cenderung ke sifat heptane normal itu bernilai oktan rendah, karena lebih mudah berdetonasi, sebaiknya bahan bakar yang bagus yaitu cenderung ke sifat isooktan (lebih sukar berdetonasi) dan bernilai oktan tinggi.

**Tabel 2.1** Angka oktan untuk bahan bakar

Jenis Bahan Bakar	Angka Oktan
Bensin	88
Pertalite	90
Pertamax	92
Pertamax Plus	95
Pertamax Racing	100
Bensol	100

### 2.2.7 Parameter Performa Mesin

Hal-hal yang dijadikan sebagai parameter performa mesin adalah analisa terhadap Torsi, Daya dan Konsumsi Bahan Bakar. Ketiga parameter tersebut dapat digambarkan seperti di bawah ini:

#### 1. Torsi

Torsi dapat didefinisikan sebagai daya yang bekerja pada jarak momen dan apabila dihubungkan dengan kerja dapat ditunjukkan dengan persamaan:

$$T = F \times b \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan:

T = Torsi (N.m)

F = Gaya yang terukur pada *Dynamometer* (kgf)

b = Panjang langkah pada *Dynamometer* (m)

1 kgf.m = 9,807 N.m = 7,233 lbf.ft

## 2. Daya

Daya merupakan besar usaha yang dihasilkan oleh mesin tiap satuan waktu, didefinisikan sebagai laju kerja mesin, ditunjukkan dengan persamaan:

$$\begin{aligned} N_e &= \pi \cdot n \cdot T \cdot 0,175 \text{ [ PS ]} \dots\dots\dots(2.2) \\ N_e &= T n 716,2 \text{ [ PS ]} \end{aligned}$$

Keterangan:

$N_e$  = Daya poros (PS)

n = Putaran Mesin (rpm)

T = Torsi (N.m)

1 PS = 0,9863 HP

1 PS = 0,7355 kW

## 3. Konsumsi Bahan Bakar

Untuk mengetahui banyaknya konsumsi bahan bakar dapat dicari dengan cara uji jalan yaitu dengan mengganti tangki motor dengan buret ukuran tertentu lalu buret diisi bahan bakar pada titil 0 dan digunakan untuk jalan hingga bahan bakar yang ada di dalam buret berkurang pada ukuran tertentu. Lalu dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$K_{bb} = Vt \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

$K_{bb}$  = Konsumsi bahan bakar ( *mls* )

V = Volume bahan bakar (ml)

t = Waktu tempuh (s)