

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Sejarah Motor Bakar**

Motor Bakar pertama kali ditemukan Nikolaus August Otto berkebangsaan Jerman (14 Juni 1832 – 28 Januari 1891). Nikolaus August Otto Pertama kali Membuat Mesin Motor bakar Pada 1876. Mesin atmosfer pertamanya selesai pada Mei 1867. lima tahun kemudian ia disusul oleh Gottlieb Daimler dan Wilhelm Maybach dan bersama mereka ciptakan gagasan putaran empat tak atau putaran Otto. Motor bakar merupakan jenis mesin kalor, dimana energi yang dihasilkan diperoleh dari pembakaran bahan bakar di dalam silinder yang kemudian akan diubah menjadi energi mekanis. Proses pembakaran dilakukan di dalam silinder, tenaga yang digunakan untuk menggerakkan mesin tersebut diperoleh dari pembakaran bahan bakar yang terjadi di dalam mesin itu sendiri, sehingga motor bakar biasa dikenal dengan sebutan *internal combustion engine* (mesin pembakaran dalam). Mesin model pembakaran dalam dapat dibagi menjadi dua yaitu motor otto (bensin) dan motor diesel.

#### **2.2. Teori Motor Bakar**

Motor bakar merupakan salah satu mesin yang digunakan sebagai penggerak mula-mula alat transportasi maupun sebagai alat penggerak. Motor bakar merupakan suatu mesin konversi energi yang merubah energi kalor menjadi energi mekanik. Dengan adanya energi kalor sebagai suatu penghasil tenaga maka

**Universitas Medan Area**

sudah semestinya mesin tersebut memerlukan bahan bakar dan system pembakaran yang digunakan sebagai sumber kalor. Motor bakar/mesin yang menggunakan energi termal untuk melakukan kerja mekanik, yaitu dengan cara merubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi panas, dan menggunakan energi tersebut untuk melakukan kerja mekanik. Energi termal diperoleh dari pembakaran bahan bakar pada mesin itu sendiri. Jika ditinjau dari cara memperoleh energi termal ini (proses pembakaran bahan bakar), maka motor bakar dapat dibagi menjadi 2 golongan yaitu: motor pembakaran dalam dan motor pembakaran luar .

### **2.2.1. Motor Pembakaran Dalam**

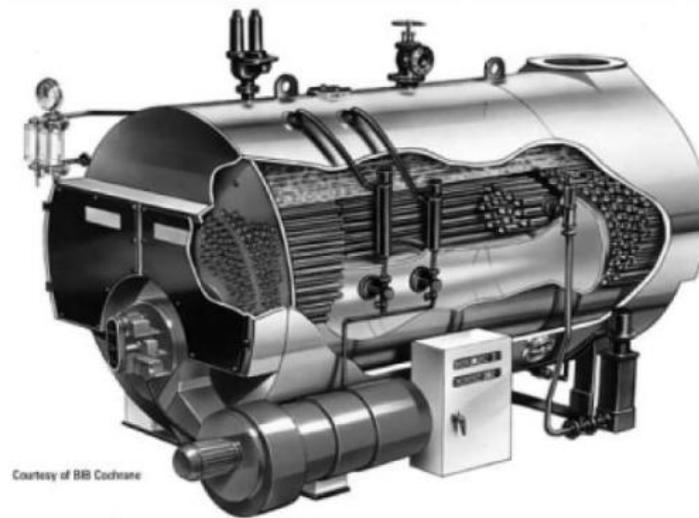
Pada motor pembakaran dalam, proses pembakaran bahan bakar terjadi di dalam mesin itu sendiri, sehingga panas dari hasil pembakaran langsung bisa diubah menjadi tenaga mekanik. Keuntungan motor pembakaran dalam adalah konstruksi sederhana, tidak memerlukan fluida yang banyak dan efisiensi totalnya lebih tinggi dibanding motor pembakaran luar. Misalnya : pada turbin gas, motor bakar torak dan mesin propulsi pancar gas.



**Gambar 2.1** Motor Pembakaran Dalam

### **2.2.2. Motor Pembakaran Luar**

Pada motor pembakaran luar ini, proses pembakaran bahan bakar terjadi di luar mesin itu, sehingga untuk melaksanakan pembakaran digunakan mesin tersendiri. Panas dari hasil pembakaran bahan bakar tidak langsung diubah menjadi tenaga gerak, tetapi terlebih dulu melalui media penghantar, baru kemudian diubah menjadi tenaga mekanik. Keuntungan dari motor pembakaran luar adalah untuk bahan bakar dapat menggunakan bahan bakar yang lebih beragam dan daya keluaran lebih besar dibanding motor pembakaran dalam. Misalnya pada ketel uap dan turbin uap.



**Gambar 2.2** Motor Pembakaran Luar

### 2.3. Motor Bakar Bensin

Motor bensin merupakan motor yang menggunakan bahan bakar bensin untuk memperoleh tenaga panas (*heat energy*), dimana campuran gas bahan bakar dan udara yang diisap ke dalam silinder dimampatkan dengan torak, kemudian dipercikkan bunga api melalui elektroda busi maka terjadilah pembakaran. dengan terbakarnya campuran gas bahan bakar dan udara yang ada di dalam silinder, suhu dan tekanan di dalam silinder akan naik sehingga akan diperoleh tenaga yang akan menggerakkan torak.

Karena proses pembakaran bahan bakar terjadi didalam ruang bakar, maka motor bensin ini tergolong kedalam jenis motor pembakaran dalam *Internal Combustion Engine* (ICE). Motor bensin mengubah energi termal bahan bakar menjadi energi mekanik berupa daya poros pada putaran poros engkol.

Motor bensin ini dilengkapi dengan busi dan karburator yang memiliki peran penting dalam proses pembakaran. Karburator dalam motor bensin digunakan

sebagai tempat pencampuran bahan bakar dan udara sampai di dapatkan campuran bahan bakar dengan udara dalam bentuk kabut/gas, agar selanjutnya campuran bahan bakar tersebut dapat terbakar oleh percikan bunga api listrik dari busi di dalam ruang bakar. Setelah campuran bahan bakar udara keluar dari karburator berbentuk gas, maka campuran bahan bakar tersebut diisap kedalam ruang bakar melalui katup masuk. kemudian di dalam ruang bakar menjelang akhir langkah kompresi, loncatan bunga api listrik dari busi membakar campuran bahan bakar ini sehingga terjadilah proses pembakaran yang kemudian dapat menghasilkan daya motor.

Motor bensin *Spark Ignition Engine* (SIE) menurut prinsip kerjanya, dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu motor bensin dua langkah (*two stroke*) dan motor bensin empat langkah (*four stroke*).

### **2.3.1. Motor Bensin 2 Langkah**

Motor bensin 2 langkah memerlukan 2 kali langkah torak untuk 1 kali pembakaran dan 1 kali langkah kerja dalam 1 kali putaran poros engkol. Motor Bakar dua langkah (*two stroke*) menyelesaikan satu siklus dalam dua langkah torak, atau satu putaran poros engkol. gerakan torak ke TMA adalah untuk mengadakan proses ekspansi. Pengisian muatan segar ke dalam silinder dilaksanakan ketika tekanan muatan itu melebihi tekanan gas di dalam silinder. Pada keadaan tersebut, saluran pengisi ada dalam keadaan terbuka. Untuk itu, muatan segar harus memiliki tekanan yang lebih tinggi dari tekanan atmosfer.

### 1. Langkah kompresi dan langkah hisap

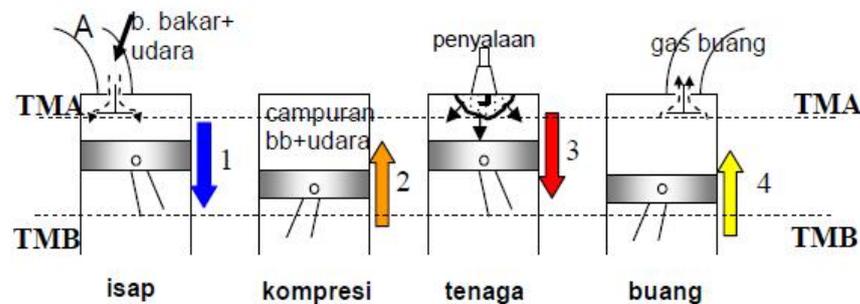
Langkah kompresi dan langkah hisap, pada langkah ini dalam motor 2 langkah terjadi 2 aksi berbeda yang terjadi secara bersamaan yaitu aksi kompresi yang terjadi pada ruang silinder atau pada bagian atas dari piston dan aksi hisap yang terjadi pada ruang engkol atau pada bagian bawah piston. sedangkan yang terjadi dalam langkah ini adalah torak bergerak dari TMB (titik mati bawah) ke TMA (titik mati atas). pada saat saluran pembiasan tertutup mulai dilakukan langkah kompresi pada ruang silinder. dan pada saat saluran hisap membuka maka campuran udara dan bensin akan masuk ke dalam ruang engkol.

### 2. Langkah usaha dan langkah buang

Langkah usaha dan langkah buang, pada langkah ini terjadi langkah usaha dan buang yang terjadi pada saat yang tidak bersamaan, jadi langkah usaha dahulu barulah setelah saluran pembiasan dan saluran buang terbuka terjadi langkah buang. yang terjadi dalam langkah ini adalah sebelum piston mencapai TMA (titik mati atas), busi akan memercikan bunga api listrik sehingga campuran udara dan bahan bakar akan terbakar dan menyebabkan timbulnya daya dorong terhadap piston, sehingga piston akan bergerak dari TMA (titik mati atas) ke TMB (titik mati bawah). sesaat setelah saluran hisap tertutup dan saluran bias serta saluran buang membuka maka campuran udara dan bahan bakar yang berada di ruang engkol akan mendorong gas sisa hasil pembakaran melalui saluran bias ke saluran.

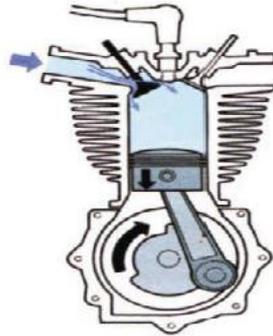
### 2.3.2. Motor Bensin 4 Langkah

Motor bensin 4 langkah memerlukan 4 langkah torak untuk 1 kali pembakaran dan 1 kali langkah kerja dalam 2 kali putaran poros engkol. pada motor bensin, bensin dibakar untuk memperoleh tenaga panas. selanjutnya tenaga inilah yang digunakan untuk menggerakkan torak. daya dari torak diteruskan oleh *connecting rod* (batang torak) ke poros engkol, dan oleh poros engkol diubah menjadi gerak rotasi. Gerak rotasi poros engkol akan mengatur gerakan torak untuk melakukan kerja selanjutnya. kerja periodik di dalam silinder di mulai dari pemasukan campuran udara dan bensin ke dalam silinder, sampai pada kompresi, pembakaran dan pengeluaran gas sisa pembakaran di dalam silinder disebut *Engine Cycle* (siklus mesin). Agar lebih jelas akan diterangkan prinsip kerja dari motor bensin empat langkah seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwa motor bensin 4 langkah (*four stroke*) memerlukan 4 langkah torak untuk 1 kali pembakaran dan 1 kali langkah kerja dalam 2 kali putaran poros engkol dalam cara kerjanya. Secara spesifik, prinsip kerja motor bensin 4 langkah dapat dijelaskan sebagai berikut :



**Gambar 2.3** Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Langkah

## 1. Langkah Hisap



**Gambar 2.4** Langkah Hisap

Pada langkah ini dimulai dengan Bergeraknya piston kebawah dari Titik Mati Atas (TMA) menuju Titik Mati Bawah (TMB) sambil menghisap campuran bahan bakar dan udara masuk kedalam silinder. Saat langkah ini, katup isap akan membuka dan kembali menutup setelah piston beberapa saat meninggalkan TMB, sedangkan katup buang selama langkah ini dalam keadaan tertutup. Poros engkol akhirnya membuat setengah putaran pertamanya seperti pada gambar 2.4.

## 2. Langkah kompresi

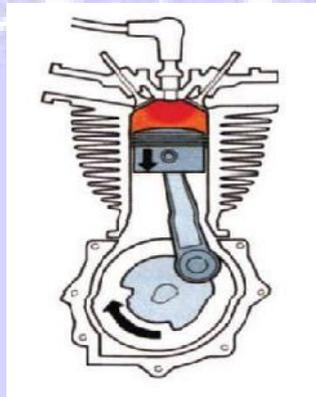


**Gambar 2.5** Langkah Kompresi

Pada langkah ini posisi katub masuk dan katup buang tertutup. Torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), yang menyebabkan campuran bahan bakar udara yang terisap kini terkurung dan dimampatkan oleh

piston yang bergerak ke TMA. Dengan demikian volume ruang silinder di atas torak mengecil, karena itu tekanan dan suhunya akan naik hingga campuran itu mudah sekali terbakar, tekanan ini disebut tekanan kompresi. Proses pemampatan ini disebut langkah kompresi atau langkah tekan. Pada akhir langkah kompresi dalam silinder, campuran bahan bakar dan udara akan dipercikkan bunga api dari busi.

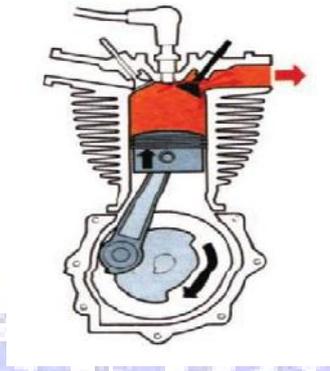
### 3. Langkah kerja



**Gambar 2.6** Langkah Kerja

Pada langkah ini proses pembakaran menyebabkan campuran bahan bakar udara akan mengembang dan memuai, sehingga energi panas yang dihasilkan oleh pembakaran dalam ruang bakar menimbulkan tekanan ke segala arah dan mendesak piston ke TMB. Langkah usaha inilah yang diharapkan pada mesin untuk dapat menjaga kelangsungan kerja dan peroleh tenaga mesin. Dari langkah kerja ini terlihat bahwa terjadi proses perubahan energi panas menjadi energi mekanis berupa gerak bolak-balik pada piston kemudian diubah lagi menjadi gerak putar pada poros engkol untuk untuk selanjutnya diteruskan ke roda.

#### 4. Langkah buang



**Gambar 2.7** Langkah Buang

Pada langkah buang ini posisi katup masuk tertutup dan katub buang terbuka, torak bergerak dari TMB ke TMA untuk mendorong keluar gas-gas yang telah terbakar dari dalam silinder menuju saluran gas buang. Bila torak telah mencapai TMA, yaitu sesudah melakukan langkah buang, torak akan kembali pada keadaan untuk mulai langkah isap. Sekarang motor telah melakukan empat gerakan penuh. Poros engkol berputar dua putaran penuh, dan telah menghasilkan satu tenaga. Di dalam mesin sebenarnya membuka dan menutupnya katup tidak terjadi tepat pada saat torak mencapai TMA atau TMB, tetapi akan berlaku lebih cepat atau lebih lambat.

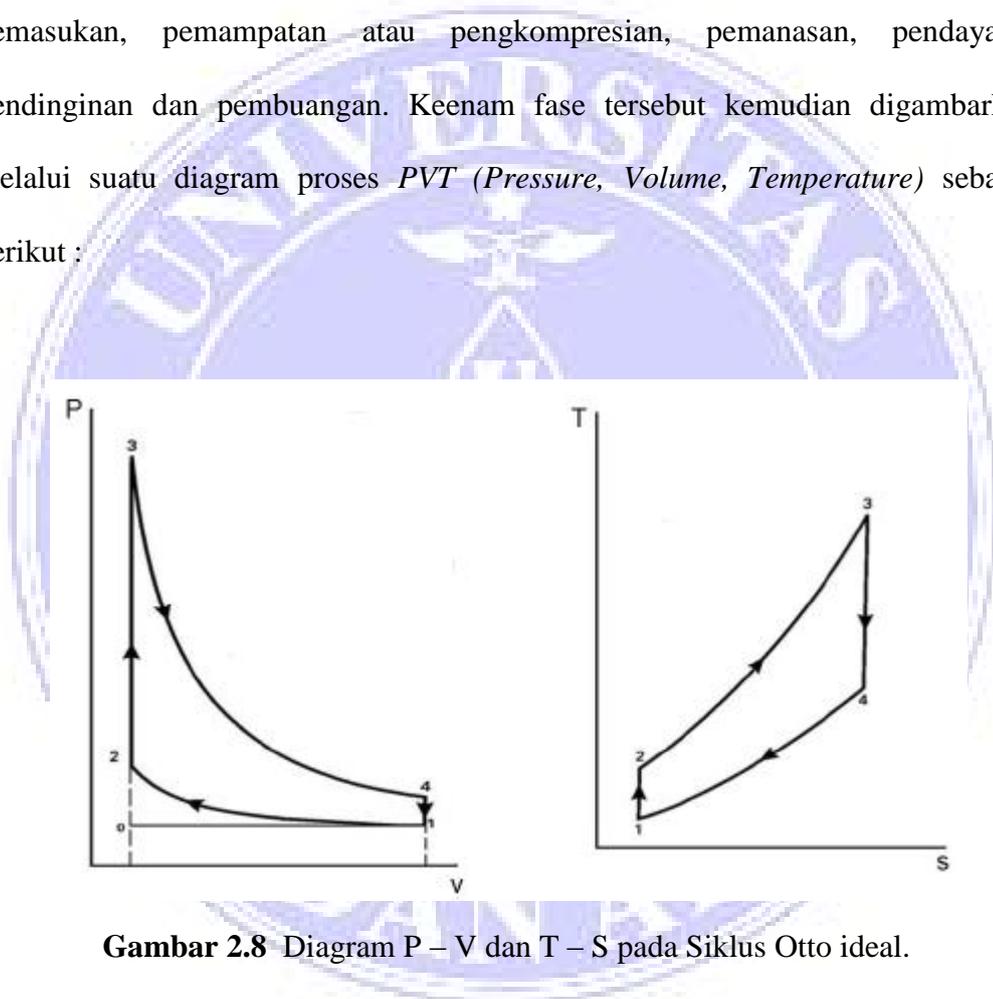
#### **2.4. Siklus Kerja Motor Bensin 4 Langkah**

Pada proses kimia dan termodinamika yang terjadi pada motor bakar yang sangat rumit. Oleh karena itu, analisa siklus termodinamika sangat penting untuk dipahami. Pada siklus termodinamika, siklus ini diidealkan untuk mempermudah menganalisa proses yang terjadi pada motor bakar. Pada penjelasan, akan dijabarkan kesamaan urutan proses dan perbandingan kompresi yang terjadi pada siklus ideal dan secara aktual pada motor bakar. Pada siklus

ideal fluida kerja adalah udara, sedangkan pada siklus aktual fluidanya adalah campuran antara udara dan bahan bakar.

#### 2.4.1. Siklus Ideal Otto (Siklus Volume Konstan)

Melalui siklus otto, maka siklus motor bensin 4 langkah (*four stroke*) dapat dijabarkan melalui 6 fase penting. Keenam fase tersebut adalah fase pemasukan, pemampatan atau pengkompresian, pemanasan, pendayaan, pendinginan dan pembuangan. Keenam fase tersebut kemudian digambarkan melalui suatu diagram proses *PVT* (*Pressure, Volume, Temperature*) sebagai berikut :



**Gambar 2.8** Diagram P – V dan T – S pada Siklus Otto ideal.

Proses 1 – 2 : adalah kompresi isentropik udara ketika piston bergerak dari TMB

ke TMA.

Proses 2 - 3 : adalah perpindahan kalor ke udara pada volume konstan yang

diambil dari sumber luar ketika piston berada pada TMA.

proses ini dimaksudkan untuk mewakili proses pembakaran campuran udara - bahan bakar.

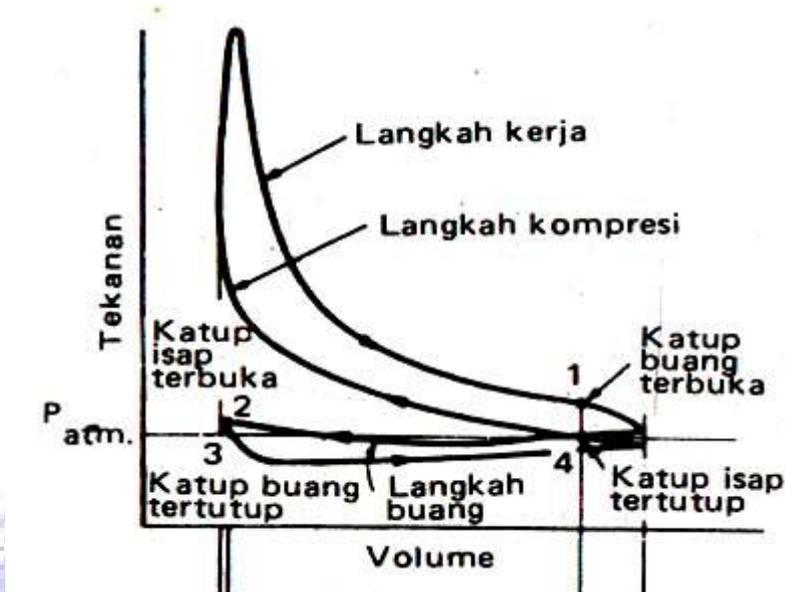
Proses 3 - 4 : adalah proses ekspansi isentropik (langkah kerja).

Proses 4 - 1 : adalah proses volume konstan dimana kalor dibuang dari udara

ketika piston berada pada TMB.

Karena siklus Otto terdiri dari proses reversibel, maka luas daerah pada diagram  $T - S$  dan  $P - V$  masing masing bisa diinterpretasikan sebagai kalor dan kerja. Pada diagram  $T - S$  daerah 2-3-a-b-2 mewakili kalor yang ditambahkan per satuan massa dan daerah 1-4-ab-1 adalah kalor yang di lepaskan per satuan massa. Pada diagram  $P - V$  daerah 1-2-a-b-1 mewakili kerja input per satuan massa selama proses kompresi dan daerah 3-4-b-a-3 adalah kerja yang dihasilkan per satuan massa pada proses ekspansi. dengan mengabaikan energi kinetik dan potensial, maka siklus Otto yang mempunyai dua langkah kerja dan dua langkah dimana terjadi perpindahan kalor.

### 2.4.2. Siklus Aktual



**Gambar 2.9** Diagram Siklus Aktual

Gambar 2.9 diatas adalah siklus aktual dari mesin otto.fluida kerjanya adalah campuran bahan bakar dengan udara, maka terjadi proses pembakaran untuk sumber panas. pada langkah isap,tekanannya lebih rendah dibanding dengan langkah buang. Proses pembakaran dimulai dari penyalaan busi (*ignition*) sampai akhir pembakaran. Proses kompresi dan ekspansi tidak adiabatik, karena terdapat kerugian panas yang keluar dari ruang bakar.

### 2.5. Kelebihan dan Kekurangan Motor Bensin 4 Langkah

Motor bensin 4 langkah merupakan jenis yang paling banyak digunakan pada masyarakat. Mesin ini dalam melakukan satu kali langkah usaha diperlukan dua kali putaran poros engkol. Pada motor ini terjadi empat langkah, yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha, langkah buang, berikut adalah kelebihan dan kekurangan motor bensin 4 langkah :

## 1. Kelebihan

- a. Pemakaian bahan bakar lebih hemat karena pembakaran yang sempurna.
- b. Polusi yang ditimbulkan rendah karena pembakaran lebih optimal.
- c. Suaranya lebih halus karena pemasukan bahan bakar dan gas buang diatur oleh katup.

## 2. Kekurangan

- a. Komponen pada motor 4 langkah lebih kompleks sehingga perawatannya lebih sulit.
- b. Tenaga lebih rendah dibanding motor bensin 2 langkah.

### 2.6. Komponen Utama Motor Bensin 4 Langkah

Motor bensin bervariasi dalam penampilan luar, ukuran, jumlah dan detail konstruksinya. Tetapi semua motor bensin mempunyai bagian utama meskipun kelihatannya berbeda, tetapi melakukan fungsi yang sama. Adapun komponen kerja utama dalam motor bensin 4 langkah dapat diuraikan sebagai berikut:

#### 1. Silinder (*Cylinder*)

Pada bagian silinder ini berfungsi sebagai tempat torak bekerja karena di dalam silinder inilah perubahan panas menjadi tenaga gerak dengan perantaraan torak.



**Gambar 2.10** Silinder (*Cylinder*)

## **2. Kepala Silinder (*Cylinder head*)**

Komponen yang menutup ujung atau bagian atas dari silinder dan berisi katup dan mekanismenya, tempat lewat campuran bahan bakar dengan udara dan gas buang. Kepala silinder terletak pada bagian terdepan dari blok silinder (*cylinder*). Kepala silinder ini berfungsi sebagai :

- a. Tutup silinder serta menjadi tempat kedudukan katub masuk dan katub buang.
- b. Tempat kedudukan busi.
- c. Tempat salura masuk dan saluran buang.
- d. Tempat mengalirnya pelumasan untuk mekanisme katup.



**Gambar 2.11** Kepala Silinder (*Cylinder Head*)

### 3. Ruang Bakar

Ruang bakar adalah ruangan yang dibatasi oleh kepala silinder, katub, busi, perpak kepala silinder, blok silinder, torak dan ring piston. Seringkali istilah ruang bakar dimaksudkan hanya bagian cekung pada kepala silinder yang digunakan untuk pembakaran.

### 4. Torak (piston)

Torak adalah bagian motor yang berfungsi untuk merubah atau mentransfer tekanan pembakaran menjadi gerak lurus yang selanjutnya dengan perantaraan pena torak, batang torak dan poros engkol gerak lurus dari torak tersebut diubah menjadi gerak putar. Adapun fungsi dari torak (piston) yaitu :

- a. Menghisap dan memampatkan campuran bahan bakar di dalam silinder.
- b. Mengubah tekanan pembakaran menjadi gaya mekanis yang di distribusikan ke poros engkol.

- c. Menjadi tempat dudukan cincin torak.



**Gambar 2.12** Torak (*Piston*)

### **5. Penak Torak**

Berfungsi untuk menyambung atau menghubungkan antara piston dengan batang torak sehingga dapat bersama-sama bekerja untuk mentransfer tenaga yang dihasilkan oleh pembakaran kepada poros engkol.

### **6. Cincin Torak (*Ring Piston*)**

Pegas torak berfungsi sebagai perapat antara torak dengan silinder agar tidak terjadi kebocoran gas pada saat langkah kompresi dan langkah kerja berlangsung. Di samping itu juga sebagai pengikis kelebihan oli pada dinding silinder, mencegah masuknya oli ke ruang bakar dan merambatkan sebagian besar panas torak ke dinding silinder. Pada setiap torak sedikitnya dilengkapi dengan tiga buah pegas torak yang terdiri dari dua buah pegas kompresi dan satu buah pegas minyak.



**Gambar 2.13** Cincin Torak (*Ring Piston*)

### 7. Batang Torak (*Conecting rod*)

Batang torak (*Conecting rod*) berfungsi untuk menghubungkan antara piston dengan poros engkol dan mengubah gerak bolak-balik dari torak menjadi putaran kontinu pena engkol selama langkah kerja dan sebaliknya.

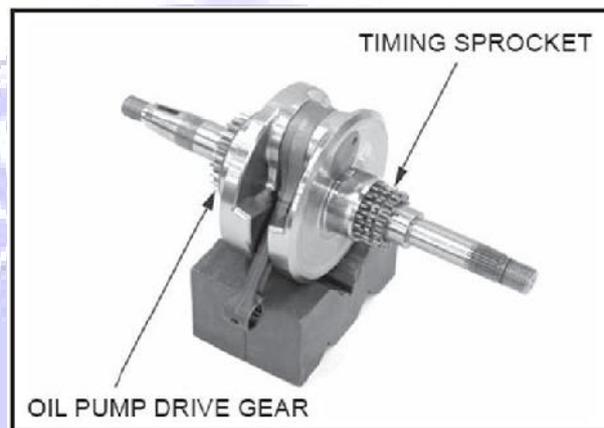


**Gambar 2.14** Batang Torak (*Conecting Rod*)

### 8. Poros Engkol (*Crankshaft*)

Suatu alat yang berfungsi untuk meneruskan daya dari torak kepada poros yang digerakkannya. Poros engkol (*Crankshaft*), biasanya mekanik juga menyebutnya (*kruk as*) adalah sebuah bagian pada

mesin yang mengubah gerak vertikal/horizontal dari *piston* menjadi gerak rotasi (putaran). Pada ujung-ujung poros engkol dipasang bantalan (*Bearing*) dan diletakan pada ruang engkol (*crankcase*) akan dihubungkan ke roda gila (*flywheel*) sehingga motor bisa bergerak (Wikipedia,2012).



**Gambar 2.15** Poros Engkol (*Crankshaft*)

## 9. Katup (*Valve*)

Katup berfungsi membuka dan menutup saluran hisap dan saluran buang. Tiap silinder dilengkapi dengan dua katup di bagi menjadi 2 bagian, yaitu :

### a. Katup Hisap

Katup hisap berfungsi sebagai pengatur masuknya bahan bakar dan udara pada saat langkah hisap terjadi.

b. Katup Buang

Katup buang berfungsi sebagai pengatur keluarnya sisa gas pembakaran pada saat langkah hisap, katup buang mempunyai ukuran yang lebih kecil dari katup hisap



**Gambar 2.16** Katup (*Valve*)

## 10. Karburator

Karburator merupakan bagian dari sistem bahan bakar (*fuel sistem*) pada kendaraan yang berfungsi untuk mencampurkan bahan bakar dengan udara yang dikendalikan oleh pergerakan *throttle* dan kemudian dimasukkan ke ruang bakar. Mesin membutuhkan karburator karena bahan bakar yang dikirim ke dalam silinder mesin harus berada dalam kondisi mudah terbakar. Ini penting agar tenaga yang dihasilkan mesin bisa optimal. Bensin sedikit sulit terbakar bila tidak diubah menjadi bentuk gas. Selain itu bensin tidak dapat terbakar sendiri, harus dicampur dengan udara dalam perbandingan yang tepat.



**Gambar 2.17** Karburator

### 11. Busi (*spark plug*)

Busi adalah alat yang sangat penting dalam motor bensin karena untuk proses penyalaan dalam pembakaran bensin dan udara dalam ruang bakar. Busi dipasang pada kepala silinder, elektroda busi mengarah ke ruang bakar karena pada elektroda busi ini terjadi loncatan bunga api yang diperlukan untuk pembakaran. Tugasnya sebagian menghubungkan pengapian ke ruang pembakaran dan memberi celah dimana bunga api ditimbulkan. Busi di dalam motor, dalam mengadakan pengapian atau menghasilkan bunga api dengan menggunakan tegangan tinggi yang dihasilkan oleh koil, yang akan diperlukan untuk pembakaran motor.



**Gambar 2.18** Busi (*Spark Plug*)

**Universitas Medan Area**

## 2.7. Parameter Performansi Motor Bensin

Ada beberapa hal yang mempengaruhi performansi mesin otto, antara lain besarnya perbandingan kompresi, tingkat homogenitas campuran bahan bakar dengan udara, angka oktan bensin sebagai bahan bakar, tekanan udara masuk ruang bakar. Semakin besar perbandingan udara motor akan semakin efisien, akan tetapi semakin besar perbandingan kompresi akan menimbulkan knocking pada motor yang berpotensi menurunkan daya motor, bahkan bisa menimbulkan kerusakan serius pada komponen motor. Untuk mengatasi hal ini maka harus dipergunakan bahan bakar yang memiliki angka oktan tinggi. Angka oktan pada bahan bakar motor Otto menunjukkan kemampuannya menghindari terbakarnya campuran udara bahan bakar sebelum waktunya (*self ignition*) yang menimbulkan knocking tadi. Untuk memperbaiki kualitas campuran bahan bakar dengan udara maka aliran udara dibuat turbulen, sehingga diharapkan tingkat homogenitas campuran akan lebih baik.

### 1. Torsi dan Daya

Torsi atau momen putar motor adalah gaya dikalikan dengan jarak panjang lengan (Arends dan Berenshot, 1980 : 21), pada motor bakar Gaya adalah daya motor. Sedangkan panjang lengan adalah panjang langkah torak. Torsi dapat diperoleh dari hasil kali antara gaya dengan jarak.

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

dimana :  $T =$  Torsi (N.M)

$F =$  Gaya yang diberikan (N)

$r$  = jarak lengan Torsi (mm)

Daya motor merupakan salah satu parameter dalam menentukan performa motor. Daya adalah besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu. (Arends dan Berenshot,1980 : 18). Untuk menghitung besarnya daya motor 4 langkah digunakan rumus :

$$P_e = \frac{2\pi \cdot \eta}{60} T \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana :

$P_e$  = Daya keluaran (Watt)

$n$  = Putaran mesin (rpm)

$T$  = Torsi ( N.m )

## 2. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik ( *specific fuel consumption, SFC* )

Konsumsi bahan bakar spesifik merupakan satu parameter prestasi mesin yang di pakai sebagai ukuran pemakaian bahan bakar yang terpakai per satuan waktu untuk setiap daya yang dihasilkan.

$$SFC = \frac{mf \times 10^3}{P_e} \dots\dots\dots(2.3)$$

dimana :

$SFC$  = konsumsi bahan bakar spesifik ( *g/kW* .<sup>2</sup>)

$mf$  = laju aliran bahan bakar (*kg/jam*)

Besarnya laju aliran massa bahan bakar ( $mf$ ) dihitung dengan persamaan berikut ;

$$mf = \frac{sgf.Vf.10^{-3}}{tf} \times 3600 \dots\dots\dots( 2.4 )$$

dimana :  $sgf$  = specific gravity.

$Vf$  = volume bahan bakar yang diuji.

$tf$  = waktu untuk menghasilkan baahan bakar sebanyak volume uji (detik).

### 3. Perbandingan antara Bahan Bakar dengan Udara (AFR)

Untuk memperoleh bahan bakar sempurna ,bahan bakar harus dicampur dengan udara dengan perbandingan tertentu. Perbandingan udara bahan bakar ini disebut dengan *Air Fuel Ratio (AFR)*, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$AFR = \frac{ma}{mf} \dots\dots\dots( 2.5 )$$

dimana :  $ma$  = laju aliran massa udara ( $kg/jam$ )

Besarnya laju aliran massa udara ( $ma$ ) juga dapat diketahui dengan membandingkan hasil percobaan manometer terhadap kurva viscous flow meter Calibration. Kurva Kalibrasi ini di kondisikan untuk pegujian pada tekanan udara 1013 mbar dan temperature 20°C, oleh karena itu besarnya laju aliran udara yang diperoleh harus dikalikan dengan faktor koreksi ( $cf$ ) berikut :

$$C_f = 3564 \times P_a \times \frac{(T_a + 114)}{T_a^{2,5}} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana ;  $P_a$  = tekanan udara (Pa)

$T_a$  = temperatur udara (k)

#### 4. Efisiensi Volumetric

Jika sebuah mesin 4 langkah dapat menghisap udara pada kondisi isapnya sebanyak volume langkah toraknya untuk setiap langkah isapnya. Maka itu merupakan sesuatu yang ideal. Namun hal itu tidak terjadi dalam hal yang sebenarnya, dimana massa udara yang dapat diallirkan selalu lebih sedikit dari perhitungan teoritisnya. Penyebabnya antara lain tekanan yang hilang (*losses*) pada system yang induksi dan efek pemanasan yang mengurangi kerapatan udara ketika memasuki silinder mesin. Efisiensi volumetrik ( $\eta_V$ ) dirumuskan dengan persamaan berikut ;

$$\eta_V = \frac{\text{berat udara segar yang terhisap}}{\text{berat udara sebanyak volume langkh torak}} \dots\dots\dots(2.7)$$

$$\text{Berat udara segar yang terhisap} = \frac{m_a}{60} \times \frac{2}{n} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$\text{Berat udara sebanyak langkah torak} = \rho_a \cdot V_s \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan diatas, maka besarnya efisiensi volumetris :

$$\eta_V = \frac{2 \cdot m_a}{60 \cdot \eta} \cdot \frac{1}{\rho_a \cdot V_s} \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana ;  $\rho_a$  = kerapatan udara ( $kg/m^3$ )

$$V_s = \text{Volume langkh torak} = 0,493 \times 10^{-3} \text{ (m}^3\text{) [spesifikasi mesin]}$$

Diasumsikan udara sebagai gas ideal ,sehingga massa jenis udara dapat diperoleh dari persamaan berikut :

$$P_a = \frac{\rho_a}{R.T_a} \dots\dots\dots(2.11)$$

dimana ;  $R = \text{konstanta gas (untuk udara} = 29,3 \text{ kg.m/kg.K)}$

### 5. Efisiensi Thermal Efektif

Kerja yang berguna selalu dihasilkan lebih kecil dari pada energi hilang akibat adanya rugi-rugi mekanis (*Mecanical losses*). Dengan alasan ekonomis perlu dicari kerja maksimum yang dapat dihasilkan dari pembakaran sejumlah bahan bakar.Efisiensi ini sering disebut sebagai Efisiensi Thermal Efektif (*Effective Thermal Efficiency*).  $\eta_e$

$$\eta_e = \frac{\text{Daya keluaran aktual}}{\text{Laju panas yang masuk}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Laju panas yang masuk  $Q$  ,dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$Q = m_f \cdot \text{LHV} \dots\dots\dots(2.13)$$

dimana ;  $\text{LHV} = \text{Nilai kalor bawah bahan bakar (kj/kg)}$

Jika daya keluaran efektif ( $P_e$ ) dalam satuan kw,laju aliran bahan bakar  $m_f$  dalam satuan *kg/jam* ,maka :

$$\eta_e = \frac{P_e}{m_f \cdot \text{LHV}} \cdot 3600 \dots\dots\dots(2.14)$$

## 2.8. Generator Set

Generator set atau sering disebut genset adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai generator set dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu Generator adalah suatu mesin listrik yang digunakan untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik, prinsip kerja dari generator adalah gerakan mesin akan diubah secara bersamaan dengan dinamo dan alternator menjadi energi listrik. Energi listrik ini kemudian disimpan dalam baterai untuk digunakan.

Generator AC memiliki komponen utama yaitu *rotor* yang menghasilkan medan magnet dan *stator* yang menghasilkan arus bolak-balik. *Rotor* generator diputar oleh tenaga mekanik mesin sehingga dapat menghasilkan listrik AC. Generator memiliki cara kerja sebagai berikut: pada saat mesin dihidupkan roda penerus ikut berputar, magnet permanen yang mengelilingi kumparan dapat menimbulkan kemagnetan yang berubah-ubah ataupun bolak-balik pada kumparan *stator*. Pada kumparan *stator* akan terinduksi listrik yang arahnya berubah-ubah sehingga disebut dengan listrik arus bolak balik atau arus AC.

Generator dapat dibedakan berdasarkan metode pembangkitannya, yaitu cara yang di pakai untuk memulai generator bekerja yaitu jenis *separetely excited field generator* dan *self-excited generator*. pada generator jenis *self- excited generator* ini proses menyalakannya tidak membutuhkan sumber tegangan dari luar, namun generator jenis ini akan menghasilkan tegangan kecil saat gulungan *armature* memotong medan magnet yang lemah. Bidang magnet yang lemah ini disebabkan oleh *residual magnetis* (sisa gaya magnet) di dalam *coil*

yang berhenti mengalirkan arus dan tegangan.

Pada generator ini dikelompokkan menjadi tiga macam yaitu : *shunt generator, generator series, generator compound*. *Shunt generator* merupakan generator yang memiliki kutub magnet *coil* yang dihubungkan secara paralel ke *armature*. Generator jenis ini menggunakan lilitan kawat kecil dengan jumlah yang banyak dan menggunakan sedikit arus yang dihasilkan gulungan medan magnet sehingga total arus yang dihasilkan harus sesuai dengan jumlah arus untuk menghidupkan dan dikirim ke beban. Jenis generator ini juga disebut dengan mesin tegangan konstan.



**Gambar 2.19** Mesin Genset Berkapasitas 1200 watt

### **2.8.1. Prinsip Kerja Generator Set Bahan Bakar Gas LPG**

Untuk memfungsikan sistem Bahan Bakar Gas (BBG) aliran bensin harus diberhentikan dulu, tepatnya pada slang tangki bensin yang menuju karburator. setelah instalasi dari tabung BBG, regulator, slang, kran dan adaptor dipasang, mesin bisa dihidupkan, LPG dari tabung mengalir melewati regulator. Aliran gas menuju slang dan besar-kecilnya aliran diatur oleh keran. Buka-tutup keran

**Universitas Medan Area**

dipengaruhi permainan tangan pada handgrip gas. Aliran gas dari keran masuk menuju adaptor atau corong karburator. Di dalam karburator, gas, oil dan udara bercampur masuk menuju ruang bakar. Saat langkah kompresi dan ada percikan api busi, terbakarlah campuran gas dan udara itu untuk menghasilkan tenaga dorong piston.

Prinsip kerja membran menggantikan fungsi pelampung dengan mempertimbangkan fleksibilitas bahan. Membran dibuat dengan tabung besi berdiameter 8 sentimeter dengan panjang sekitar 4 sentimeter. Pada permukaan atas dan bawah tabung membran diberikan lapisan karet. Supaya tidak bocor, permukaan karet dilapisi dengan pelat besi tipis. Dari tabung membran itu disediakan katup penyaluran gas ke karburator. Dalam pengujian kelayakan membran, daya tahan terhadap tekanan dipersyaratkan minimal mencapai 12 bar. Hal ini untuk mengantisipasi kekuatan tekanan LPG yang berasal dari tabung. Batas kemampuan menahan pada membran 12 bar itu untuk melampaui tekanan pada tabung LPG yang hanya 10 bar. Setelah gas mengalir ke karburator menuju ruang pembakaran, akan dibaurkan dengan udara. Mengenai komposisinya, secara umum pada sepeda motor bensin berbanding 1 untuk kapasitas bensin dengan 13 sampai 15 kapasitas udara. Berbeda halnya dengan komposisi yang dibutuhkan pada elpiji dengan udara. Komposisinya berbanding 1 untuk kapasitas LPG dan 5 sampai 18 kapasitas udara. perbandingan pemakaian bahan bakar Gas dengan bensin premium adalah sebagai berikut:

Untuk start awal atau menyalakan motor, dibutuhkan komposisi 1 untuk gas LPG dan 5 untuk udara (1:5). Selanjutnya untuk mesin menyala stasioner dengan komposisi 1 : 8. Menuju akselerasi mesin komposisinya naik 1 : 12 dan

**Universitas Medan Area**

menjadi 1 : 18 saat berjalan normal. Harga ritel gas LPG 3 kilogram di pasaran Rp 18.000 sampai Rp 22.000 per tabung. Harga ini setara dengan sekitar 3,3 liter bensin (dengan harga Rp 7.300 per liter). kisaran jarak tempuh 1 kilogram gas LPG itu bisa 100 sampai 200 kilometer. Maka, satu tabung 3 kilogram gas LPG bisa untuk jarak tempuh berkisar 300 sampai 600 kilometer, sedangkan 3,3 liter bensin hanya untuk sekitar 100 kilometer. Elpiji terbuat dari butana dan propana yang masih tergolong mahal jika dibandingkan metana yang bisa dihasilkan melalui pembakaran anaerob sampah organik kering.



**Gambar 2.20** Genset Berbahan Bakar Gas LPG.

### **2.8.2. Mesin pada Generator**

Mesin bensin adalah mesin yang bekerja dengan cara memasukan panas dari percikan bunga api listrik dari busi pada campuran udara dan bahan bakar yang dikompresikan. Perbedaan mesin genset dengan mesin pada kendaraan bermotor adalah pada genset RPM stabil secara otomatis. Pada saat penambahan beban maka bahan bakar akan terhisap lebih cepat, sehingga mesin tetap stabil.

akan tetapi pada Genset yang berubah hanyalah komposisi bahan bakar, sedangkan udara tetap.

### 2.8.3. Tipe Generator Set

Genset dapat dibedakan dari jenis mesin penggerakannya, dimana dikenal tipe-tipe mesin yaitu mesin diesel dan mesin non diesel /bensin. Mesin diesel dikenali dari bahan bakarnya berupa solar, sedangkan mesin non diesel berbahan bakar bensin premium. Di pasaran, genset dengan mesin non diesel atau berbahan bakar premium biasa diaplikasikan pada genset berkapasitas kecil atau dalam kapasitas maksimum 10.000 VA atau 10 kVA, sedangkan genset diesel berbahan bakar solar diaplikasikan pada genset berkapasitas  $> 10$  kVA. Hal terkait dengan tenaga yang dihasilkan oleh diesel lebih besar daripada mesin non diesel, dimana cara kerja pembakaran diesel yang lebih sederhana yaitu tanpa busi, lebih hemat dalam pemeliharaan, lebih responsif dan bertenaga. Selain itu untuk aplikasi industri dimana bahan bakar diesel (solar) lebih murah daripada bensin (gasoline). Dalam aplikasi dijumpai bahwa genset terdiri dari genset 1 phasa atau 3 phasa. Pengertian 1 phasa atau 3 phasa adalah merujuk pada kapasitas tegangan yang dihasilkan oleh genset tersebut. Tegangan 1 phasa artinya tegangan yang dibentuk dari kutub L yang mengandung arus dengan kutub N yang tidak berarus, atau berarus No.1 atau sering dikenal sebagai Arde atau Ground. Sedangkan tegangan 3 phase dibentuk dari dua kutub yang bertegangan. Genset tiga phase menghasilkan tiga kali kapasitas genset 1 phase. Pada sistem kelistrikan PLN, kapasitas 3 phase yang dihasilkan untuk aplikasi rumah tangga adalah 380 Volt, sedangkan kapasitas 1 phase adalah 220 Volt. Daya listrik dalam ilmu fisika merupakan besaran vektor, artinya besaran yang memiliki besar dan arah, tegangan dan arus

yang dihasilkan merupakan gelombang sinusoidal dengan frekuensi tertentu. Di Indonesia, frekuensi tegangan dan arus ditetapkan sebesar 50 Hz, dimana hal ini mengikuti standar frekuensi di Belanda atau negara-negara Eropa, sedangkan di negara Amerika Serikat dan Kanada menggunakan frekuensi 60 Hz.

#### **2.8.4. Perlengkapan pada Generator**

Pada prinsipnya generator set harus dilengkapi dengan peralatan-peralatan yang menunjang, agar mempunyai :

- a. Kestabilan baik tegangan maupun putarannya bila sewaktu-waktu terjadi perubahan beban mesin harus tetap stabil.
- b. Arus dan pelepas beban yang bekerja secara otomatis dan manual.
- c. *Emergency stop* ialah suatu alat/ tombol yang akan menonaktifkan mesin kapan saja yang diinginkan.

##### **1. Voltage Regulator**

Voltage Regulator adalah suatu alat yang berfungsi untuk menjaga agar tegangan output dari generator tetap konstan sesuai yang diinginkan. VR secara langsung/tidak langsung memberikan arus searah kepada kumparan rotor sehinggamenimbulkan tegangan pada output gulungan stator. Kalau terjadi tegangan outputnya diteruskan ke gulungan stator. Kalau terjadi penurunan tegangan karenakenaikan beban maka VR akan menaikkan tegangan outputnya diteruskan ke gulungan rotor sehingga tegangan induksi stator akan naik sampai level semula. Begitupun jika ada kenaikan tegangan (beban turun), oleh karena VR hanya berfungsi sebagai pengatur tegangan maka alat ini akan bekerja pada frekuensi ataumesin pada keadaan ratingnya (putaran normal). Di dalam AVR,

ada *Mutual Reactor* (MT) yaitu semacam trafo jenis CT (*Current Transformer*) yang menghasilkan arus listrik berdasarkan besaran arus beban yang melaluinya (secara rangkaian seri). Arus listrik yang dihasilkan ini digunakan untuk memperkuat medan magnet pada belitan rotor. Sehingga untuk beban yang besar, arus yang dihasilkan juga besar.

## 2. Governor

Seperti hanya VR, alat pengatur putaran (*Governor*) berfungsi untuk mengatur atau mempertahankan putaran mesin agar dalam kecepatan yang tetap. Jika ada kenaikan beban, mesin bertendensi menurunkan putarannya dan *Governor* akan memberikan signal kepada katup pembuka bahan bakar. Sehingga bahan bakar yang masuk ke dalam *Injector* bertambah banyak, sehingga mesin akan berputar normal kembali dan tidak terjadi penurunan putaran, sebaliknya kalau ada penuruanan beban mesin akan berputar melebihi ratingnya. *Governor* akan mengirim signal kepada katup bahan bakar agar mengurangi bahan bakar yang masuk sehingga mesin berputar normal. Camshaft dari pompa dihubungkan dengan dua *ball weights*. Ketika *shaft* berputar, *ball weights* ini berputar pada kecepatan yang sama dengan camshaft. *Ball weights* ini berputar mengikuti gaya sentrifugal. *Ball weights* ini dihubungkan dengan sebuah bantalan (*collar*) dan mekanisme kerja yang saling terhubung. Ketika *ball weights* bergerak keluar, rod bergerak ke kanan. Pergerakan ini mengontrol pergerakan control rod dari pompa bahan bakar. Ketika kontrol rod bergerak ke kiri (4), ini artinya bergerak kearah perhentian aliran bahan bakar ke tangki, artinya suplai bahan bakar tertutup. Kecepatan mesin menjadi lambat dan mencegah mesin bergerak lebih cepat.

### 2.8.5. Konverter Kit

Konverter kit adalah serangkaian alat tambahan pada kendaraan atau mesin yang menggunakan bahan bakar gas. Konverter kit berfungsi untuk mengatur jumlah bahan bakar gas dan mengatur tekanan gas yang keluar dari tabung gas. Konverter kit terdiri dari beberapa komponen di antaranya regulator, *solenoid valve*, konverter, dan tabung gas. Regulator berfungsi sebagai pengatur tekanan gas. *Solenoid valve* berfungsi sebagai pengaman dengan tujuan ketika mesin mati gas tidak akan keluar. Konverter berfungsi sebagai pengatur jumlah bahan bakar gas yang masuk kedalam silinder. Tabung gas sebagai penyimpanan bahan bakar gas.

Konverter yang dipakai adalah sistem tekanan konstan dan yang diatur jumlah dari bahan bakar yang masuk. Keuntungan dari sistem tekanan konstan adalah diperolehnya tekanan gas stabil baik pada saat tabung LPG penuh maupun pada saat tabung hampir habis sehingga kendaraan akan lebih stabil saat berjalan.

### 2.9. Bahan Bakar dan Pembakaran

Bahan bakar (*fuel*) adalah segala bahan yang dapat dibakar untuk menimbulkan tenaga atau panas. Pada bahan konvensional, konversinya melalui proses pembakaran (oksidasi), misalnya LPG, bensin, solar, minyak tanah, kayu, batubara dan sebagainya. Bahan bakar yang digunakan dalam mesin pembakaran dalam digolongkan tiga kelompok, yaitu :

1. Bahan bakar gas
2. Bahan bakar cair
3. Bahan bakar padat

Kriteria utama yang harus dipenuhi bahan bakar yang akan digunakan dalam motor bakar adalah sebagai berikut:

- 1) Proses pembakaran bahan bakar dalam silinder harus secepat mungkin dan panas yang dihasilkan harus tinggi.
- 2) Bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan atau deposit setelah pembakaran karena akan menyebabkan kerusakan pada dinding silinder.
- 3) Gas sisa pembakaran harus tidak berbahaya pada saat dilepas ke atmosfer.

Untuk melakukan pembakaran di perlukan 3 unsur, yakni :

1. Bahan Bakar
2. Udara
3. Suhu untuk memulai pembakaran.

### **2.9.1. Syarat-Syarat Bahan Bakar Untuk Motor Bakar Bensin**

#### **1. Volatilitas Bahan Bakar**

Volatilitas bahan bakar di definisikan sebagai kecenderungan cairan bahan bakar untuk menguap. Pada motor bensin, campuran bahan bakar dan udara yang masuk dalam silinder sebelum dan sesudah selama proses pembakaran diusahakan sudah dalam keadaan campuran uap bahan bakar dan udara, sehingga memudahkan proses pembakaran. Oleh karena itu kemampuan menguapkan bahan bakar untuk motor bensin sangat penting.

## 2. Angka Oktan

Angka Oktan adalah suatu bilangan yang menunjukkan sifat anti ketukan (denotasi). Dengan kata lain, makin tinggi angka oktan maka semakin berkurang kemungkinan untuk terjadinya denotasi (*knocking*). Dengan berkurangnya intensitas untuk berdenotasi, 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. Cara menentukan angka oktan bahan bakar ialah dengan mengadakan suatu perbandingan bahan bakar tertentu dengan bahan bakar standar. Yaitu dengan menggunakan mesin CFR (*Coordination Fuel Research*). Mesin CFR merupakan sebuah mesin silinder tunggal dengan perbandingan kompresi yang dapat diukur dari sekitar 4:1 sampai dengan 14:1. Terdapat dua metode dasar yang umum digunakan yaitu *research method* menggunakan mesin motor CFR F-1, yang hasilnya disebut dengan *Research Octane Number* (RON) dan motor *method* yang menggunakan mesin motor CFR F-2 dimana hasilnya disebut dengan *Motor Octane Number* (MON). *Research method* menghasilkan gejala ketukan lebih rendah dibandingkan motor *research*. Besar angka oktan bahan bakar tergantung pada presentase *iso oktana* ( $C_7H_{18}$ ) dan normal *heptana* ( $C_7H_{16}$ ) yang terkandung di dalamnya. Sebagai pembanding, bahan bakar yang sangat mudah berdenotasi adalah normal *heptana* ( $C_7H_{16}$ ) sedang yang sukar berdenotasi adalah *iso-oktana* ( $C_7H_{18}$ ).

Bensin yang cenderung kearah sifat normal *heptana* disebut bensin dengan nilai oktan rendah (angka oktan rendah) karena mudah berdenotasi, sebaliknya bahan bakar yang lebih cenderung kearah sifat *iso-oktana* dikatakan bensin dengan nilai oktan tinggi atau lebih sukar berdenotasi. Misalnya suatu bensin

mempunyai angka oktan 90 akan lebih sukar berdenotasi daripada bensin beroktan 70. Jadi kecenderungan bensin untuk berdenotasi dinilai dari angka oktannya. *Iso-oktana* murni diberi indeks 100, sedangkan normal heptana murni diberi indeks 0. Dengan demikian jika suatu bensin memiliki angka oktan 90 berarti bensin tersebut cenderung berdenotasi sama dengan campuran yang terdiri atas 90% volume *iso-oktana* dan 10% volume normal *heptana*. Nilai oktan yang harus dimiliki oleh bahan bakar ditampilkan dalam (tabel 2.1.) berikut :

**Tabel 2.1** Nilai Oktan Gasolin Indonesia

No	Jenis	Angka Oktan Minimum
1	Premium 88	88 RON
2	Pertamax	94 RON
3	Pertamax Plus	95 RON
4	Bensol	98 RON

(sumber : [www.pertamina.com](http://www.pertamina.com))

### 3. Kestabilan Kimia dan Kebersihan Bahan Bakar

Kestabilan kimia bahan bakar sangat penting, karena berkaitan dengan kebersihan bahan bakar yang selanjutnya berpengaruh terhadap sistem pembakaran dan sistem saluran. Pada temperatur tinggi, bahan bakar sering terjadi polimer yang berupa endapan-endapan *gum* (getah) ini berpengaruh kurang baik terhadap sistem saluran misalnya pada katup-katup dan saluran bahan bakar.

Bahan bakar yang mengalami perubahan kimia, menyebabkan gangguan pada proses pembakaran. Pada bahan bakar juga sering terdapat saluran/senyawa yang menyebabkan korosi, senyawa ini antara lain : senyawa belerang, nitrogen, oksigen, dan lain-lain , kandungan tersebut pada gas solin harus diperkecil untuk

mengurangi korosi, korosi dari senyawa tersebut dapat terjadi pada dinding silinder, katup, busi, dan lainnya, hal inilah yang menyebabkan awal kerusakan pada mesin. Berikut ini beberapa sifat dan karakteristik bahan bakar.

**Tabel 2.2** Sifat-Sifat Bahan Bakar

No	Karakteristik	Premium	LPG	CNG
1	Komposisi	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>4</sub>
2	Densitas (Kg/m <sup>3</sup> )	752	1,5	0,6
3	Berat Molekul (Kg/Kmol)	114,8	44,09	17,51
4	Nilai kalor (Kj/Kmol)	45950	46360	47476
5	Stoikiometri	14,57	15,6	16,15
6	Penyalan Min (°C)	360	460	521,4
7	Kecepatan Nyala (m/s)	20-40	0,82	0,66
8	Angka Oktan	88	110	130

### 2.9.2. Bahan Bakar Bensin (Premium)

Premium berasal dari bensin yang merupakan salah satu fraksi dari penyulingan minyak bumi yang diberi zat tambahan atau aditif, yaitu *Tetra Ethyl Lead* (TEL). Premium mempunyai rumus empiris *Ethyl Benzena* (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>).

Premium adalah bahan bakar cair yang berasal dari minyak bumi (*crude oil*), minyak bumi didapat dari dalam tanah dengan jalan pengeboran diladang-ladang minyak, dan memompanya sampai ke atas permukaan bumi, untuk selanjutnya diolah melalui proses penyulingan dan destilasi sehingga komposisinya bisa dipergunakan sebagai bahan bakar motor pembakaran dalam (*internal combustion*

*engine*). Bahan bakar ini juga sering disebut motor *gasoline* atau *petrol* dengan angka oktan adalah 88, dan mempunyai titik didih 30<sup>0</sup>C-200<sup>0</sup>C.

Adapun rumus kimia untuk pembakaran pada bensin premium adalah sebagai berikut:



Pembakaran di atas diasumsikan semua bensin terbakar dengan sempurna.

Komposisi bahan bakar bensin, yaitu :

1. Bensin (*gasoline*) C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>
2. Berat jenis bensin 0,65-0,75
3. Pada suhu 40<sup>0</sup> bensin menguap 30-65%
4. Pada suhu 100<sup>0</sup> bensin menguap 80-90%

(Sumber: *Encyclopedia Of Chemical Technologi, Third Edition*, 1981: 399)

Bensin premium mempunyai sifat anti ketukan yang baik dan dapat dipakai pada mesin kompresi tinggi pada saat semua kondisi. Sifat-sifat fisik yang dimiliki oleh bahan bakar premium, yaitu:

1. Mudah menguap (*volatile matter*), Sifat seperti ini memudahkan bensin untuk dikabutkan sehingga dapat terbentuk campuran bahan bakar dan udara dengan baik pada saluran venturi karburator.
2. Dapat menghasilkan jumlah kalor yang besar (NKBB antara 9500 k.kal/kg – 10.500 k.kal/kg).
3. Berat jenis rendah, yaitu 0,6-0,78 (diukur dalam viscositas).

4. Dapat melarutkan oli dan karet.
5. Titik nyala rendah (-100C sampai -150C).
6. Meninggalkan sedikit karbon sisa pembakaran.
7. Mempunyai angka oktan 88.

### 2.9.3. Bahan Bakar Gas LPG

Berbeda dengan bahan bakar cair, analisa bahan bakar gas lebih didasarkan pada analisa volume yang selalu diukur pada temperatur dan tekanan standar (60°F, 30 in Hg atau 150°C, 1 atm). Saat ini pemakaian bahan bakar gas semakin meluas. Hal ini disebabkan oleh beberapa kelebihan yang dimiliki bahan bakar gas dibandingkan dengan bahan bakar cair, yaitu dalam aspek :

1. Bahan bakar gas dapat diproduksi disatu tempat untuk kemudian di distribusikan ke berbagai tempat lain tanpa mengalami kesulitan.
2. Pengaturan dan pengontrolan proses pembakaran lebih mudah.
3. Pemakaian udara berlebih (*excess air*) lebih rendah.
4. Kehilangan panas lebih kecil.
5. Bahan bakar bersifat bersih.
6. Asap dan abu hasil pembakaran sangat kecil.
7. Sesuai untuk operasi yang memerlukan temperatur tinggi.
8. Dapat diproduksi dari bahan bakar padat atau bahan bakar cair dari mutu yang rendah.
9. Nilai kalor persatuan massa bahan bakar lebih tinggi.

Bertolak dari keuntungan-keuntungan di atas, disamping harga bahan bakar cair yang selalu meningkat, pemakaian bahan bakar gas pada motor bakar

berkembang secara luas. Bahan bakar gas adalah bahan bakar yang sangat ideal untuk mesin pembakaran dalam, karena berfase gas dan mudah bercampur secara homogeny dengan udara. Hal ini mengurangi masalah start awal dan distribusi bahan bakar seperti pada bahan bakar cair. hal inilah yang menjadi dasar pemikiran pada penelitian ini sehingga digunakanlah salah satu jenis bahan bakar gas (biogas) sebagai bahan bakar pada generator listrik (genset). Namun yang menjadi kendala pada bahan bakar gas adalah pada penyimpanan dan penanganannya.

#### **2.9.4. Nilai Kalor Bahan Bakar**

Reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen dari udara menghasilkan panas. Besarnya panas yang ditimbulkan jika satu satuan bahan bakar dibakar sempurna disebut nilai kalor dan bahan bakar. Berdasarkan asumsi ikut tidaknya panas laten, penguapan uap air dihitung sebagai bagian dari nilai kalor suatu perubahan besar, maka nilai kalor bahan bakar dibedakan menjadi nilai kalor atas dan nilai kalor bawah.

Nilai kalor atas (*High Heating Value*, HHV) merupakan nilai kalor yang diperoleh secara experiment dengan menggunakan bom kalorimeter, dimana hasil pembakaran bahan bakar didinginkan sampai suhu kamar, sehingga sebagian besar uap air yang terbentuk dari pembakaran hidrogen mengembun dan melepaskan panas latennya. Data yang diperoleh dari hasil pengujian bom kalorimeter adalah temperatur air pendingin sebelum dan sesudah. pernyataan. Selanjutnya untuk menghitung nilai kalor atas dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{HHV} = (T_2 - T_1 - T_{kp}) \times CV \dots\dots\dots(2.15)$$

dimana : HHV = Nilai kalor atas (*kJ/kg*)

T<sub>1</sub> = Temperatur air pendingin sebelum penyalaan (°C)

T<sub>2</sub> = Temperatur air pendingin sesudah penyalaan (°C)

CV = Panas jenis bom kaorimeter (*73529,6 kJ/kg °C*)

T<sub>kp</sub> = Kenaikan temperatur akibat kawat penyala (*0,05 °C*)

Sedangkan nilai kalor bawah dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 3240 \dots\dots\dots(2.16)$$

Secara teoritis, besarnya nilai kalor atas dapat dihitung bila diketahui komposisi bahan bakarnya dengan menggunakan persamaan Dulong ;

$$\text{HHV} = 33950 C + 144200 \left( H_2 - \frac{O_2}{8} \right) + 9400 S \dots\dots\dots(2.17)$$

dimana : HHV = Nilai Kalor Atas (*kJ/kg*)

C = Persentase carbon dalam bahan bakar

H<sub>2</sub> = Persentase Hidrogen dalam bahan bakar

O<sub>2</sub> = Persentase Oksigen dalam bahan bakar

S = Persentase Sulfur dalam bahan bakar

Nilai kalor bawah (*Low Heating Value* ,LHV ) merupakan nilai kalor bahan bakar panas laten yang berasal dari pengembunan uap air. Umumnya

kandungan Hidrogen dalam bahan bakar cair berkisar 15 % yang berarti setiap satu satuan bahan bakar 0,15 bagian merupakan Hidrogen. Pada proses pembakaran sempurna, air yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar adalah setengah jumlah mol Hidrogennya.

Selain dari pembakaran Hidrogen, uap air yang terbentuk pada proses pembakaran dapat pula berasal dari kandungan air yang memang sudah ada didalam bahan bakar ( Moisture ). Panas laten pengkondensasian uap air pada tekanan parsial  $20 \text{ KN/m}^2$  ( Tekanan yang umum timbul pada gas buang ) adalah sebesar  $2400 \text{ kJ/kg}$  , sehingga besarnya nilai kalor bawah ( LHV ) dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$\text{LHV} = \text{HHV} - 2400 (M + 9 \text{ H}_2) \dots\dots\dots( 2.18 )$$

dimana : LHV = Nilai kalor bawah

M = Persentase kandungan air dalam bahan bakar ( Moisture ).

Dalam perhitungan efisiensi panas dari motor bakar dapat menggunakan nilai kalor bawah ( LHV ) dengan asumsi pada suhu tinggi saat gas buang meninggalkan mesin tidak terjadi pengembunan uap air. Namun dapat juga menggunakan nilai kalor atas ( HHV ) karena nilai tersebut umumnya lebih cepat tersedia. Peraturan pengujian berdasarkan ASME ( *American Society Of Mechanical Engginers* ) menentukan penggunaan nilai kalor atas ( HHV ), sedangkan peraturan SAE ( *Society Of Automotive Engginers* ) menentukan penggunaan nilai kalor baawah ( LHV ).

### 2.9.5. Komsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar adalah ukuran banyak atau sedikitnya bahan bakar yang digunakan suatu mesin untuk menempuh jarak tertentu. Campuran bahan bakar yang dihisap masuk ke dalam silinder akan mempengaruhi tenaga yang dihasilkan karena jumlah bahan bakar yang dibakar menentukan besar panas dan tekanan akhir pembakaran yang digunakan untuk mendorong torak dari TMA ke TMB pada saat langkah usaha.

Pembakaran sempurna akan menghasilkan tingkat konsumsi bahan bakar yang ekonomis karena pada pembakaran sempurna campuran bahan bakar dan udara dapat terbakar seluruhnya dalam waktu dan kondisi yang tepat. Hal ini sangat berlawanan dengan pembakaran tidak sempurna. Bahan bakar yang masuk ke dalam silinder tidak seluruhnya dapat diubah menjadi panas dan tenaga sehingga untuk mencapai tingkat kebutuhan kalor dan tekanan pembakaran yang sama diperlukan bahan bakar yang lebih banyak. Cara mengetahui konsumsi bahan bakar pada suatu mesin dapat dilakukan dengan uji jalan untuk menempuh jarak yang ditentukan dan dilihat berapa banyak konsumsi bahan bakar untuk menempuh jarak yang ditentukan tersebut. Konsumsi bahan bakar pada kendaraan biasanya diberitahukan dengan 1:12 artinya kendaraan tersebut mampu menempuh jarak 12 km untuk tiap 1 dm<sup>3</sup> bahan bakar.

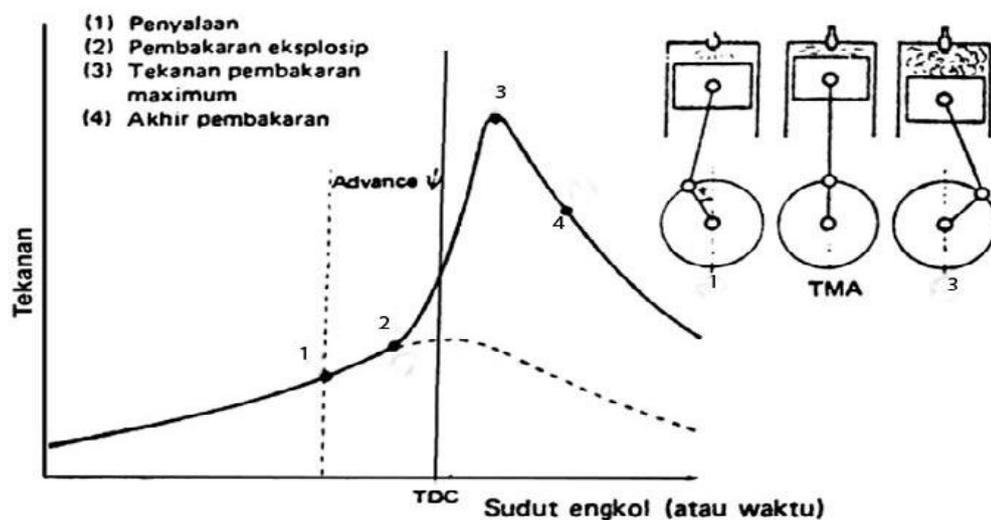
### 2.10. Pembakaran Bahan Bakar

Pembakaran dapat di defenisikan sebagai kombinasi reaksi kimia dimana elemen-elemen tertentu dari bahan bakar bercampur dengan oksigen menyebabkan kenaikan temperatur gas. Adanya sejumlah bahan bakar didalam

**Universitas Medan Area**

silinder yang sudah bercampur dengan udara yang kemudian dinyalakan oleh api busi, maka pembakaran terjadi dan dari pembakaran ini akan menimbulkan panas yang dipergunakan untuk menggerakkan kendaraan bermotor. Pembakaran didalam silinder belum tentu dapat berlangsung dengan sempurna.

Pembakaran pada mesin SI (*spark ignition*) dimulai setelah penyalaan dari busi, loncatan bunga api terjadi sesaat torak mencapai titik mati atas sewaktu langkah kompresi. Panas pembakaran pada TMA diubah dalam bentuk kerja dengan efisiensi yang tinggi. Efisiensi pembakaran yang tinggi akibat langkah kompresi juga dapat menurun akibat penyalaan yang terlalu cepat dan sebaliknya. Hal tersebut disebabkan rendahnya tekanan akibat pertambahan volume dan waktu penyebaran api yang terlalu lambat.



**Gambar 2.21** Diagram Pembakaran Motor Bensin

Proses pembakaran pada motor 4 langkah digambarkan dengan grafik pada gambar 2.21 dan proses pembakarannya adalah sebagai berikut.

1. Waktu pengapian, busi memercikan api untuk membakar campuran

- udara dan bahan bakar.
2. Pembakaran awal, bahan bakar mulai terbakar oleh percikan api dari busi.
  3. Puncak pembakaran, bahan bakar terbakar pada ledakan maksimalnya digunakan untuk mendorong piston untuk melakukan langkah usaha.
  4. Akhir pembakaran, bahan bakar telah sepenuhnya (seluruhnya) terbakar.

Awal mulai terbakarnya bahan bakar di mulai sampai terbakar keseluruhan diperlukan jeda waktu atau disebut dengan *ignition delay*. Menurut Suyanto (1989: 253) *Ignition delay* adalah keterlambatan pembakaran. Keterlambatan ini disebabkan perlunya waktu untuk memulai reaksi antara bahan bakar dengan oksigen. berikut ini dijelaskan jenis-jenis pembakaran yang mungkin terjadi di dalam silinder motor bakar, yaitu:

### **2.10.1. Pembakaran Sempurna**

Dikatakan pembakaran sempurna apabila didalam silinder pembakaran yang terjadi disebabkan oleh karena nyala api busi yang membakar campuran bahan bakar dan udara sehingga bahan bakar yang ada di dalam silinder terbakar habis dengan kecepatan yang relatif konstan. Hal ini berarti akan didapatkan tekanan gas yang tinggi sehingga output tenaga mesin menjadi besar. Ciri-ciri pembakaran sempurna adalah:

- a. Tidak terjadi jelaga, karena campuran bahan bakar dan udara dapat

terbakar seluruhnya pada proses pembakaran dalam silinder.

- b. Warna elektroda busi coklat muda sampai coklat tua.
- c. Tenaga mesin dapat maksimal dan pemakaian bensin menjadi irit.

### 2.10.2. Pembakaran Tidak Sempurna

Gejala pembakaran yang terjadi secara tidak sempurna pada motor bensin dibedakan menjadi dua, yaitu:

#### a. Detonasi

Kenaikan tekanan yang sangat cepat selama pembakaran disertai dengan suara pukulan logam atau ledakan pada ruang bakar disebut detonasi. Gejala ini disebabkan karena bahan bakar terbakar dengan sendirinya sebagai akibat tekanan dan suhu yang cukup tinggi sebelum terjadinya percikan api pada busi. Tekanan dan suhu tadi dapat membakar gas bahan bakar tanpa pemberian api pada busi. Akibat dari adanya detonasi secara terus menerus menyebabkan tenaga mesin yang dihasilkan akan berkurang dan akan memperpendek umur mesin. Detonasi yang terjadi adalah fungsi dari banyak faktor, salah satu yang utama adalah komposisi kimia dan molekul dari bahan bakar cair. Beberapa bahan bakar mudah detonasi, beberapa lainnya tidak, beberapa seperti benzol dan ethyl alcohol, tidak berdetonasi. Gasoline umumnya dibuat kurang berdetonasi dengan menambahkan sejumlah kecil dari susunan khusus kedalam bensin, seperti tetra ethyl lead ( $C_2H_5)_4Pb$  atau ethyl iodide ( $C_2H_5I$ ). Ciri-ciri pembakaran dengan detonasi adalah:

- Timbul suara ketukan (*knocking*) pada mesin.
- Bila kunci kontak dimatikan, mesin tidak segera mati.
- Tenaga dari mesin berkurang dan pemakaian bensin menjadi boros.

### **b. Pembakaran Tidak Lengkap**

Pembakaran yang tidak lengkap yaitu pembakaran yang kekurangan atau kelebihan oksigen. Pada pembakaran sempurna perbandingan antara udara dan bahan bakar yaitu, sekitar 15 : 1 dalam berat. Artinya kandungan udara 15 bagian yang ada di dalam campuran tersebut dan kandungan berat bahan bakarnya 1 bagian. Jika ternyata waktu pembakaran jumlah udara kurang dikatakan campuran tersebut gemuk dan jika campuran berlebihan udara dikatakan campuran tersebut kurus.

Hal ini menyebabkan Pembakaran yang tidak sempurna, akhirnya bensin yang tidak terbakar sempurna akan terbuang percuma berupa asap tebal pada knalpot, selain itu pemakaran tidak sempurna juga mengakibatkan kerugian tenaga. Ciri-ciri pembakaran dengan detonasi adalah:

- Pada pembakaran ini akan timbul *cracking*, dimana pada nyalanya akan timbul asap. dari pembakaran tipe ini akan dapat dibedakan secara jelas dengan timbulnya gejala pada elektroda busi
- Tenaga dari mesin akan berkurang.
- Pembakaran dengan perbandingan terlalu kurus menyebabkan mesin cepat panas.
- Pembakaran dengan perbandingan terlalu gemuk menyebabkan pemakaian bensin menjadi boros.