

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Pengertian Sejara Motor Bakar

Motor bakar pertama kali ditemukan *Nikolaus august Otto* berkebangsan Jerman (14 Juni – 28 Januari 1891). *Nikolaus August Otto* Pertama kali membuat mesin motor bakar pada 1876. Mesin. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin penggerak yang banyak dipakai dengan memanfaatkan energi kalor dari proses pembakaran menjadi 2 energi mekanik. Motor bakar merupakan salah satu jenis mesin kalor yang proses pembakarannya terjadi dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus sebagai fluida kerjanya. Mesin yang bekerja dengan cara seperti ini disebut motor pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*). Adapun mesin kalor yang cara memperoleh energi dengan proses pembakaran di luar disebut motor pembakaran luar (*External Combustion Engine*) (Anonim a, 2011). Motor pembakaran dalam adalah mesin yang memanfaatkan fluida kerja/gas panas hasil pembakaran, di mana antara medium yang memanfaatkan.

Fluida kerja dengan fluida kerjanya tidak di pisahkan oleh dinding pemisah. Mesin-mesin konversi energi yang dapat diklasifikasikan ke dalam mesin jenis ini di antaranya adalah motor bensin, motor diesel, dan turbin gas siklus terbuka. Motor bensin (*Spark Ignition Engine*) atau motor Otto merupakan mesin konversi energi tidak langsung, yaitu percikan api didalam ruang bakar dihasilkan oleh busi yang berbeda didalam ruang bakar. Busi tersebut digunakan untuk menyalakan campuran udara bahan bakar. Campuran udara bahan bakarmasuk kedalam ruang bakar melalui katub *intake* yang diatur waktu bukannya dengan menggunakan *Camshaft*. Energi bahan bakar menjadi energi panas dan kemudian baru menjadi energi mekanis. Jadi energi kimia bahan bakar tidak dikonversikan langsung menjadi energi mekanis. Bahan bakar standar motor bensin adalah bensin atau isooktan. Pada mesin *otto* yang digunakan dalam

percobaan ini menggunakan 1 buah piston dengan isi volume silinder sekitar 100 cc. Sistem pengapian pada mesin yang digunakan ini dilakukan dengan menggunakan CDI sedangkan untuk sistem pemasukan bahan bakar menggunakan karburator. Karburator adalah alat yang digunakan untuk mencampur udara bahanbahan bakar sebelum masuk kedalam ruang bakar. mesin Sistem siklus kerja motor bensin dibedakan atas motor bensin dua langkah (*two stroke*) dan empat langkah.

Komponen – komponen penting yang ada di dalam mesin otto antara lain :

a. katub *intake*

Katub *intake* adalah katub yang berfungsi untuk mengalirkan campuran bahan bakar kedalam ruang bakar.

b. Katub *exhaust*

Katub *exhaust* adalah katub yang berfungsi untuk membuang gas sisa pembakaran dari ruang bakar.

c. *Rocker arm*

Rocker arm adalah komponen penggerak katub yang terhubung dengan gerakan *Camshaft*.

d. Busi (*spark*)

Busi atau *spark* adalah komponen pemercik api yang berfungsi untuk menyalakan campuran udara bahan bakar yang ada di dalam ruang bakar. Percikan buang api yang dihasilkan oleh busi bersumber dari accu motor yang kemudian disalurkan ke coil baru diteruskan ke busi melalui CDI.

e. CDI

CDI yang merupakan singkatan dari capacitor discharge ignition adalah salah satu sistem pengapian yang banyak digunakan pada motor bakar sekarang ini. Sistem ini juga dikenal sebagai sistem pengapian elektronik. Keunggulan CDI salah satunya adalah menghasilkan arus yang konstan pada putaran mesin berapapun.

f. Piston

Piston adalah komponen yang berfungsi untuk menerima tekanan atau ekspansi pembakaran kemudian diteruskan ke *crankshaft* melalui *connecting rod*. Komponen yang menghubungkan antara piston dengan *connecting rod* disebut piston pin.

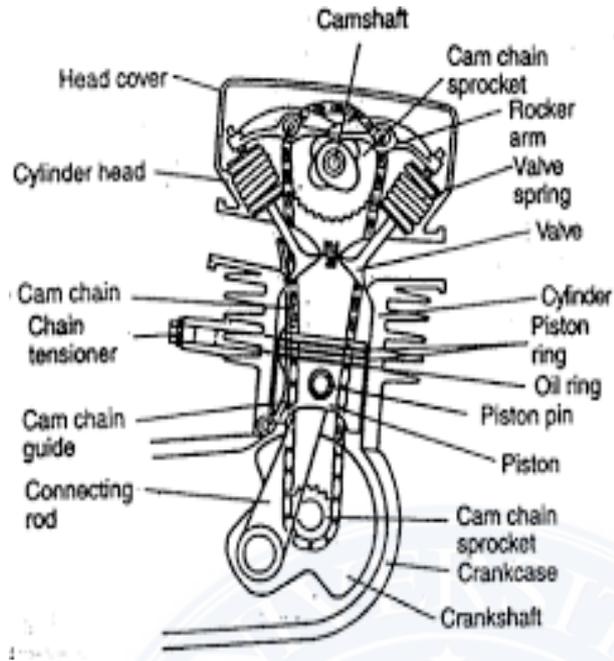
g. *Connecting rod*

Connecting rod adalah bagian yang menghubungkan antara piston dengan *crankshaft*. *Connecting rod* ini secara berulang – ulang berkerja dengan penuh kekuatan menerima beban. Oleh karena itu *connecting rod* dibuat dari bahan baja spesial.

2.2. Teori Umum Sepeda Motor

Sebuah motor adalah kendaraan beroda dua yang ditenagai oleh sebuah mesin (Anonim e, 2012). Rodanya sebaris dan pada kecepatan tinggi sepeda motor tetap tidak terbalik dan stabil disebabkan oleh gaya giroskopik, pada kecepatan motor bakar merupakan suatu mesin konversi energi yang merubah energi kalor menjadi energi mekanik. yang rendah pengaturan setang yang berkelanjutan untuk memberikan kestabilan diatur atau dilakukan oleh pengendaraanya (Anonim e, 2012). Sepeda motor banyak variasinya: beberapa motor dilengkapi dengan papan kaki dan bukan "gagang injekan", seperti motor Tiongkok, dan mobil samping dan juga beroda tiga, yang biasa disebut sebagai trike (Anonim e, 2012).

Penggunaan sepeda motor di Indonesia sangat populer karena harganya yang relatif murah, terjangkau untuk beberapa kalangan dan penggunaan bahan bakarnya irit serta biaya operasionalnya juga sangat rendah (Anonim e, 2012).



Gambar 2.1. Konstruksi Motor Bensin Sepeda Motor 4 Tak (Anonim f, 2012)

2.3. Siklus Teoritis Motor Bensin

Siklus termodinamika adalah serangkaian perubahan keadaan berturut turut yang dialami oleh sejumlah gas, sehingga dapat kembali ke keadaan semula baik tekanan volume maupun temperaturnya. Untuk motor bensin digunakan siklus Otto (*Otto Cycle*) di mana proses pemasukan kalor berlangsung pada volume konstan.

Beberapa asumsi yang digunakan adalah:

1. Kompresi berlangsung isentropis.
2. Pemasukan kalor pada volume konstan dan tidak memerlukan waktu.
3. Ekspansi isentropis.
4. Pembuangan kalor pada volume konstan.
5. Fluida kerja adalah udara dengan sifat gas ideal dan selama prosespanas jenis konstan. (Pudjanarsa, Nursuhud, 2006).

2.3.1. Siklus Aktual Motor Bensin

Efisiensi siklus aktual adalah jauh lebih rendah dari efisiensi siklus teoritis karena berbagai kerugian yang terjadi dalam operasi mesin. Kerugian-kerugian itu antara lain:

1. Kerugian karena variasi panas jenis terhadap temperatur.
2. Kerugian kesetimbangan kimia atau kerugian disosiasi.
3. Kerugian waktu pembakaran.
4. Kerugian karena pembakaran tidak sempurna
5. Kerugian perpindahan panas langsung
6. Kerugian *Exhaust Blowdown*
7. Kerugian pemompaan.

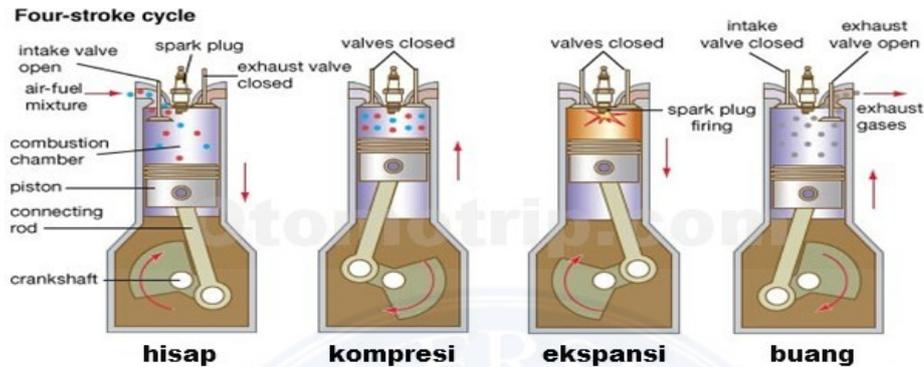
2.4. Mekanisme Kerjas Motor Bensin

Motor bensin 4 langkah adalah motor yang setiap empat langkah torak/piston (dua putaran engkol) sempurna menghasilkan satu tenaga kerja (satu langkah kerja).

1. Langkah pemasukan, yang dimulai dengan piston pada titik mati atas (TMA) dan berakhir ketika piston mencapai titik mati bawah (TMB). Untuk menaikkan massa yang terhisap, katup masuk terbuka saat langkah ini dan menutup setelah langkah ini berakhir.
2. Langkah kompresi, ketika kedua katup tertutup dan campuran di dalam silinder terkompresi ke bagian kecil dari volume awalnya.
3. Langkah kerja, atau langkah ekspansi dimulai saat piston pada TMA dan berakhir dan berakhir sekitar 45° sebelum TMB. Gas bertekanan tinggi menekan piston turun dan memaksa engkol berputar. Ketika piston mencapai 45° sebelum TMB, katup buang terbuka untuk memulai proses pembuangan dan menurunkan tekanan silinder hingga mendekati tekanan pembuangan.
4. Langkah pembuangan, dimulai ketika piston mencapai TMB. Ketika katup buang membuka, piston menyapu keluar sisa gas pembakaran hingga piston

mencapai TMA, katup masuk membuka, katup buang tertutup, dan siklus dimulai lagi (Pudjanarsa, Nursuhud, 2006).

Urutan keempat langkah tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2. Prinsip Kerja motor 4

Suatu siklus dinyatakan lengkap apabila keempat langkah itu terlaksana, yaitu langkah isap, langkah kompresi, langkah kerja dan langkah buang. Didalam satu siklus itu torak bergerak sepanjang TMA – TMB – TMA – TMB –TMA. Motor bakar torak yang bekerja dengan siklus lengkap seperti ini termasuk golongan motor 4-langkah.(Arismunandar, 2002).



Gambar 2.3 Motor Pembakaran dalam

Pada pembakaran dalam, proses pembakaran bahan bakar terjadi di dalam mesin itu sendiri, sehingga panas dari hasil pembakaran langsung bisa diubah menjadi tenaga mekanik. Dalam mesin SI, campuran yang mudah terbakar umumnya disuplai oleh kaburator dan pembakaran dimulai dengan penyalaan elektrik yang diberikan oleh busi. Persamaan kimia untuk pembakaran sebarang

hidro karbon dapat secara mudah dituliskan. Untuk C_8H_{18} (iso-oktan), persamaannya adalah $C_8H_{18} + 12.5 O_2 = 8 CO_2 + 9 H_2O$ (Pudjanarsa, Nursuhud, 2006).

2.5. Pembakaran Luar

Pada motor pembakaran luar ini, proses pembakaran bahan bakar terjadi diluar 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 menjadi tenaga mekanik. Misalnya pada ketel uap dan turbin uap.



Gambar 2.4 Motor Pembakaran Luar

2.6 Motor Bakar Bensin

Motor bensin merupakan motor yang menggunakan bahan bakar bensin untuk memperoleh tenaga panas (*heat energy*), dimana campuran bensin bahan bakar dan udara yang diisap ke dalam silinder dimampatkan dengan torak, kemudian dipercikan bunga api melalui elektroda busi, maka terjadilah pembakaran. Dengan terbakarnya campuran bensin 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.

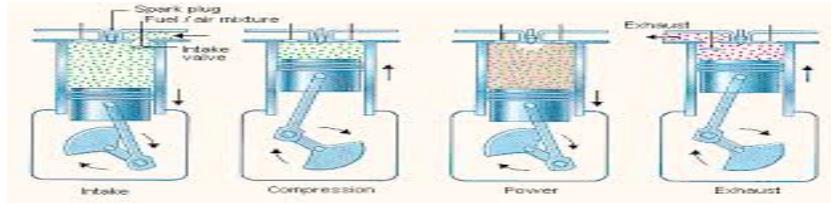
Karena proses pembakaran bahan bakar terjadi didalam ruang bakar, maka motor bensin ini tergolong kedalam jenis motor pembakaran dalam *Internal*

Combustion Engine (ICE). Motor bensin mengubah energi termal bahan bakar menjadi energi mekanik berupa daya poros putaran pada putaran poros engkol.

Motor bensin ini dilengkapi dengan busi dan karbulator yang memiliki peran penting dalam proses pembakaran. Karbulator 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 karbulator berbentuk kabut bensin, maka campuran bahan bakar tersebut diisap ke dalam 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.

2.7. 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 gas sisa pembakaran di dalam silinder disebut *Engine Cycle* (siklus mesin). Agar lebih jelas akan diterangkan prinsip kerja dari motor bensin empat 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 2.5 Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Langkah

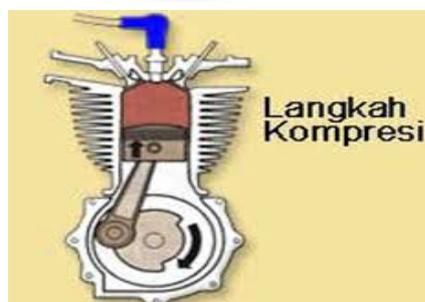
1. Langkah Hisap



Gambar 2.6 Langkah Hisap

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

2. Langkah Kompresi



Gambar 2.7 Langkah Kompresi

Pada langkah ini posisi katub masuk dan katub buang tertutup. Torakbergerak dari Titik Mati Bawah (TMB) KE Titik Mati Atas (TMA), yang menyebabkan campuran bahan bakar udara kini terkurung dan dimampatkan olehpiston yang bergerak ke TMA. Dengan demekian volume ruang silinder di atas torak mengecil, kerana itu tekanan dan suhu 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 diperkecilkan bunga api dari busi.

3. Langkah Kerja



Gambar 2.8 Langkah Kerja

Pada langkah ini proses pembakaran menyebabkan campuran bahan bakar udara akan mengembang dan memuai, sehingga energi panas dihasilkan oleh pembakaran dalam ruang 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 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 selanjutnya ke roda.

4. Langkah Buang



Gambar 2.9 Langkah Buang

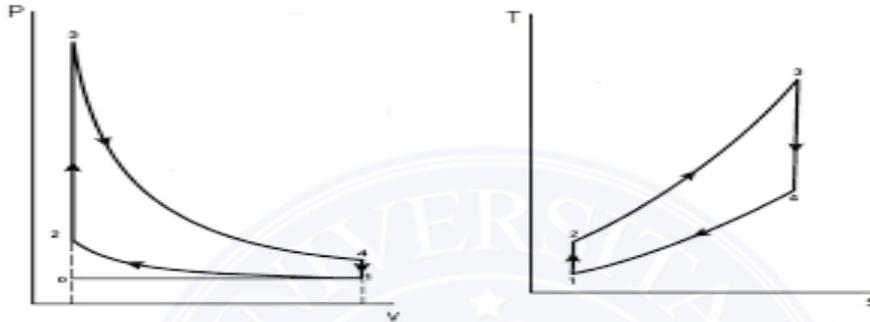
Pada langkah buang ini posisi katup masuk tertutup dan katup buang terbuka, torak bergerak dari TMB ke TMA untuk mendorong keluar gas-gas yang telah terbakar dari dalam silinder menuju saluran gas buang. Bila torak mencapai TMA, yaitu sesudah melakukan langkah buang, torak akan kembali pada keadaan untuk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

2.8 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 didealkan untuk mempermudah menganalisa proses yang terjadi pada motor bakar. Pada penjelasan, akan dijabarkan pada siklus ideal dan secara aktual pada motor bakar. Pada siklus ideal fluida adalah udara, sedangkan pada siklus aktual fluidanya adalah campuran antara udara dan bahan bakar.

2.8.1. 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, pendingin dan pembuang. Keenam fase tersebut kemudian digambarkan melalui suatu diagram proses PVT (*Pressure, Volume, Temperatur*) sebagai berikut :



Gambar 2.10 Diagram P – V dan T – S pada Siklus Otto Ideal.

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

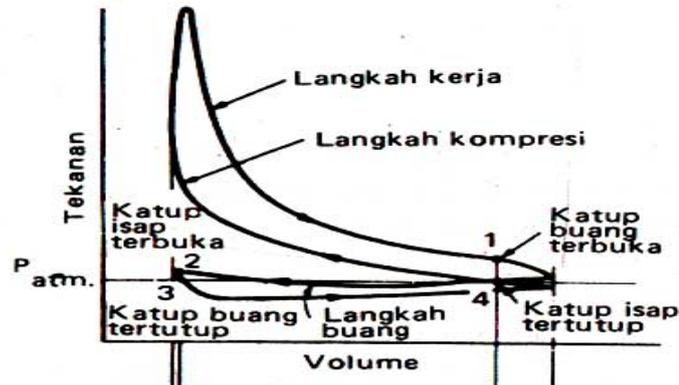
Proses 2 – 3 : adalah perpindahan kalor ke udara pada volume konstan yang diambil dari sumber luar ketika piston berada pada TMA. Proses dimasukkan untuk mewakili proses pembakaran campuran udara – bahan bakar.

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 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-a-b-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.

2.8.2. Siklus Aktual



Gambar 2.11 Diagram Siklus Aktual

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

2.9 Kelebihan dan Kekurangan Motor Bensin 4 Langkah

Motor bensin 4 langkah nerupakan 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 motor bensin 4 langkah :

1. Kelebihan

- Pemakaian bahan bakar lebih hemat karena pembakaran yang sempurna.
- Polusi yang ditimbulkan rendah karena pembakaran lebih optimal.
- Suaranya lebih halus karena pemasukan bahan bakar 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.

2.10 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 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 empat torak bekerja karena di dalam silinder inilah perubahan panas menjadi tenaga gerak dengan perantaraan torak.



Gambar 2.12 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 katup masuk dan katup buang.
- b. Tempat kedudukan busi.
- c. Tempat saluran masuk dan saluran buang.
- d. Tempat mengalirnya pelumasan untuk mekanisme katup.



Gambar 2.13 Kepala Silinder (Cylinder Head)

3. Ruang Bakar

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

4. Torak (piston)

Torak adalah bagian motor yang berfungsi untuk berubah 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 piston yaitu :

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

- c. Menjadi tempat duduk cincin torak.



Gambar 2.14 Torak (*Piston*)

5. Penak Torak

Berfungsi untuk menyambung atau menghubungkan antara piston dengan batang torak sehingga dapat bersama-sama berkerja untuk mentrasfer tenaga yang dihsilkan 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. Disamping 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 yang terdiri dari dua buah pegas kompresi dan satu buah pegas minyak.



Gambar 2.15 Cincin Torak (*Ring Piston*)

7. Batang torak (*Conecting rod*)

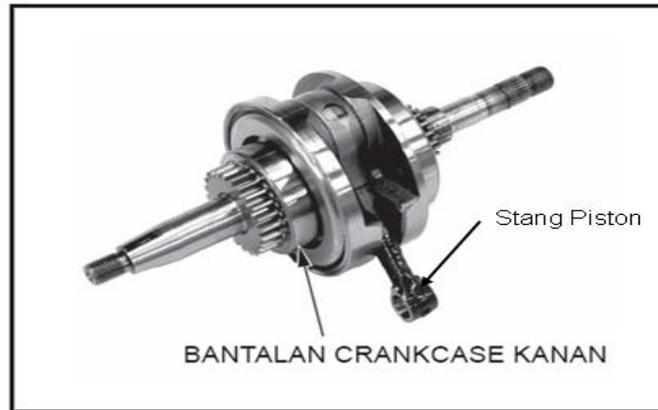
Batang torak (*Connecting rod*) berfungsi untuk menghubungkan antara piston dengan poros engkol dan mengubah gerak bolak-balik dari putaran torak menjadi putaran kontinu pena engkol selama langkah kerja dan sebaliknya.



Gambar 2.16 Batang Torak (*Conecting Rod*)

8. Poros Engkol (*Crankshaft*)

Suatu alat yang berfungsi untuk meneruskan daya dari torak kepada poros yang digerakannya. 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 pada ruang engkol dipasangkan bantalan (bearing) dan diletakan pada ruang engkol (*crankcase*) akan dihubungkan ke roda gila (*flywheel*) sehingga motor bisa bergerak (Wikipedia, 2012).



Gambar 2.17 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 berfungsi sebagai pengatur masuknya bahan bakar dan udara pada saat langkah hisap terjadi.
- b. Katup buang berfungsi sebagai pengatur keluarnya sisa gas pembakaran pada saat langkah hisap, katup buang mempunyai ukuran yang lebih kecil dari katup hisap.



Gambar 2.18 Katup (*Valve*)

10. Karbulator

Karbulator merupakan bagian dari sistem bahan bakar (*full sistem*) pada kendaraan yang berfungsi untuk mencampurkan bahan bakar dengan udara yang dikendalikan oleh pergerakan *throttle* dan kemudian dimasukkan ke ruang bakar. Mesin membutuhkan karbulator karena bahan bakar yang dikirim ke dalam

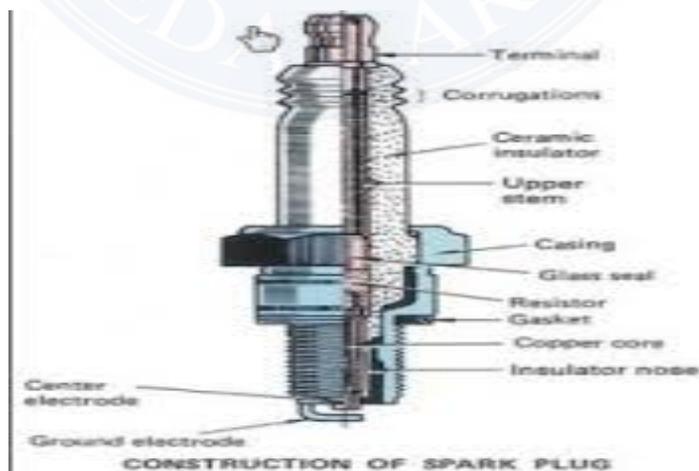
silinder mesin harus berada dalam kondisi mudah terbakar. Ini penting agar tenaga yang dihasilkan mesin bisa optimal. Bensin sedikit sulit terbakar bila tidak diubah menjadi benuk gas. Selain itu bensin tidak dapat terbakar sendiri, harus dicampur dengan udara dalam perbandingan yang tepat.



Gambar 2.19 Karbularor

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 kepal silinder, elektroda busi mengarah ke ruang bakar karena elektroda busi ini terjadi loncatan bunga api yang diperlukan untuk pembakaran. Tugasnya sebagai menghubungkan pengapian ke ruang pembakaran dan membari celah dimana bunga api ditimbulkan. Busi didalam motor. Dalam mengadakan pengapian atau menghasilkan bunga api dengan menggunakan tengangan tinggi yang dihasilkan oleh koil,yang akan diperlukan untuk pembakaran dalam.



Gambar 2.20 Busi (*Spark Plug*)

2.11. Parameter Performansi Motor Bensin

Ada beberapa hal yang mempengaruhi performansi mesin, 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 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.

$$T = F \times r \dots \dots \dots (21)$$

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 :

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

Dimana: P_e = Daya keluaran (Watt)
 n = Putaran mesin (rpm)
 T = Torsi (N.m)

2. Komsumsi 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 setiap daya yang dihasilkan.

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

Dimana : SFC = Konsumsi bahan bakar spesifik ($g / k W. h$)
 mf = laju aliran bahan bakar (kg / jam)

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

$$mf = \frac{sgf \cdot vf \cdot 10^{-3}}{tf} \times 6000 \dots \dots \dots (24)$$

dimana : sgf = specific gravity.
 V_f = volume bahan bakar yang di uji.
 tf = waktu untuk menghasilkan bahan bakar sebanyak volume uji (detik).

3. Perbandingan antara Bahan Bakar dengan Udara (AFR)

Air-Fuel Ratio adalah parameter yang digunakan untuk mendeskripsikan rasio campuran udara dengan bahan bakar: Untuk memperoleh bahan bakar, bahan bakar harus dicampur dengan perbandingan tertentu. Perbandingan udara bahan bakar ini disebut dengan Air Fuel Ratio (AFR), yang akan dirumuskan sebagai berikut :

$$AFR = \frac{m_a}{m_f} \dots \dots \dots (25)$$

Ma = laju aliran massa udara (kg / jam)

Berdasarkan 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 pengujian pada tekanan udara 1013 mbartemperatur 20⁰c oleh karena itu besarnya laju aliran udara yang diperoleh harus dikalikan dengan factor korelasi (ef) berikut:

$$CF = 3564 \times Pa \times \frac{(Ta+114)}{Ta^{2,5}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana : Pa = tekanan udara (Pa)

Ta = temperature udara (k)

4. Efisiensi Volumetrik

Jika sebuah mesin 4 langkah dapat menghisap udara pada kondisi isapnya sebanyak volume langkah toraknya untuk setiap langkah isapnya. Maka itu merupakan suatu yang ideal. Namun hal ini tidak terjadi dalam hal yang sebenarnya, dimana massa udara yang dapat dialirkan selalu lebih sedikit dari perhitungan teoritisnya. Penyebabnya antara lain tekanan yang mengurangi kerapatan udara ketika memasuki silinder mesin. Efisiensi volumetrik ((ηV) dirumuskan dengan persamaan berikut:

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

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

$$\text{Berat udara seberat langkah torak} = pa \cdot Vs \dots \dots \dots (2.9)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan diatas, maka besarnya efisiensi volumetric:

$$\eta_v = \frac{2.ma}{60 \cdot \eta} \cdot \frac{1}{pa \cdot vs} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana : p_a = kerapatan udara (kg / m^3)

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

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

$$p_a = \frac{p_a}{R \cdot T_a} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana : R = Konstanta gas (untuk udara – 29,3 $\text{kg} \cdot \text{m} / \text{kg} \cdot \text{K}$)

5. Efisiensi Thermal Efektif

Kerja yang dikerjakan selalu dihasilkan lebih kecil dari pada energy 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 dibuat sebagai efisiensi thermal efektif (*Efective Thermal Efficiency*). η_e

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

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

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

Dimana : LHV = Nilai kalor bahan bakar (kJ / kg)

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

$$\eta_e = \frac{P_e}{m_f \cdot \text{LHV}} 6000 \dots \dots \dots (2.14)$$

2.12 Syarat-Syarat Bahan Bakar Untuk Motor Bakar Bensin

1. Volatitas 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, maka tinggi angka oktan maka semakin berkurang kemungkinan 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 okta 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 suatu *research method* menggunakan mesin motor CFR F-1, yang hasilnya disebut dengan *Research Octane Number*(RON), RON adalah bermaksud bahan api itu dapat menahan tekanan dari pada enjin yang lebih tinggi, biasanya enjin berkuasa memerlukan RON yang lebih tinggi. Motor method yang menggunakan mesin motor CFR F-2

dimana hasilnya disebut dengan *Motor Octane Number (MON)*. *Research method* menggunakan gejala ketukan lebih rendah menggunakan 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 yang bersifat normal *heptana* disebut bensin dengan nilai oktan rendah (angka oktan rendah) karena mudah berdenotasi, sebaliknya bahan bakar yang lebih cenderung ke arah sifat *iso- oktana* dikatakan bensin dengan nilai oktan tinggi atau lebih sukar berdenotasi. Misalnya suatu bensin mempunyai angka oktan 90 akan lebih sukar berdenotasi dari pada bensin beroktan 70. Jadi kenderungan bensin untuk berdenotasi dinilai dari angka oktanya. *Iso oktana* murni diberi idenks 100, sedangkan norma heptana murni diberi indeks 0. Dengan demkian 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 (table 2.1) berikut:

Tabel 2.1 Nilai Oktan

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)

3. Kesetabilan Kimia dan Kebersihan Bahan Bakar

Kesetabilan kimia bahan bakar sangat penting, karena berkaitan dengan kebersihan bahan bakar yang selanjutnya berpengaruh terhadap system pembekaran dan system saluran.

Pada temperatur tinggi, bahan bakar sering terjadi polimer yang merupakan endapan-endapan *gum* (getah) ini berpengaruh kurang baik terhadap system saluran misalnya pada katup-katup dan saluran bahan bakar.

Tabel 2.2 sifat dan karakteristik bahan bakar.

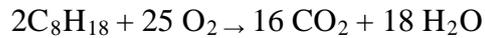
No	Karakteristik	Premium	CNG
1	Komposisi	C ₈ H ₁₈	CH ₄
2	Densitas (Kg/ m ³)	752	0,6
3	Berat Molekul (Kg/Kmol)	114,8	17,51
4	Nilai kalor (Kj/ Kmol)	45950	47476
5	Stoikometri	14,57	16,15
6	Penyalaaan Min (°C)	360	521,4
7	Kecepatan Nyala (m/s)	20-40	0,66
8	Angka Oktan	88	130

2.13 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* (C₈H₁₈).

Premium adalah bahan bakar cair yang berasal dari minyak bumi (*crude oil*), minyak bumi didapat dari bahan tanah dengan jalan pengeboran diladang-ladang minyak, dan memompanya sdampai ke atas permukaan bumi, untuk selanjutnya diolah melalui proses penyaringan dan destilasi sehingga komposisinya bias dipergunakan sebagai bahan bakar motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Bahan bakar ini juga sering disebut motor gasoline atas petrol denga angka oktan adalah 88 dan mempunyai titik didih 30⁰C-200⁰C.

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_8H_{18}
2. Berat jenis bensin 0,65-0,75
3. Pada suhu 40° bensin menguap 30-65%
4. Pada suhu 100° bensin menguap 80-90%

(sumber: *Encyclopedia of chemical Technology, Third Edition*, 1981: 399)

Bensin premium memiliki 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 *venture* karbulator.
2. Dapat menghasilkan jumlah kalor yang besar (NKBB antara 9500 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 (- $100^{\circ}C$ Sampai - $150^{\circ}C$).
6. Meningkatkan sedikit karbon sisa pembakaran.
7. Mempunyai angka oktan 88.

2.13.1 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 kedalam silinder akan mempengaruhi tenaga yang dihasilkan karena jumlah bahan bakar yang dibakar menentukan besar panas dalam tekanan akhir pembakaran yang digunakan untuk mendorong tolak dari TMA Ke TMB pada saat langkah usaha.

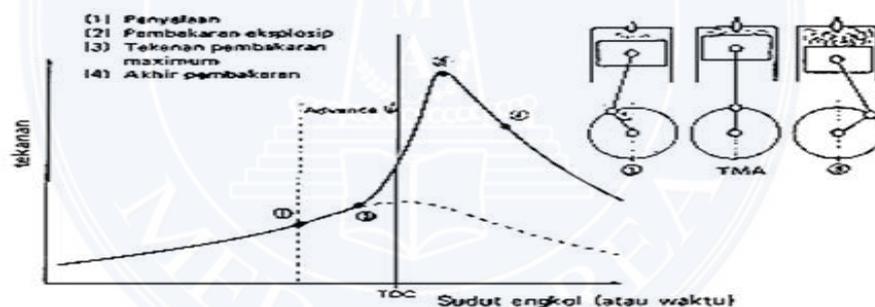
Pembakaran sempurna akan menghasilkan tingkat konsumsi bahan bakar yang ekonomis karena pada pembakaran sempurna campuran bahan bakar dapat dibakar seluruhnya dalam waktu dan kondisi yang tepat. Hal ini sangat berlawanan pada pembakaran yang tidak sempurna. Bahan bakar yang masuk kedalam selinder tidak 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 tersebut. Konsumsi bahan bakar pada kendaraan biasanya diberitahukan dengan 1:12 artinya kendaraan tersebut mampu menempuh jarak 12 km untuk setiap 1 dm³ bahan bakar.

2.14 Pembakaran Bahan Bakar

Pembakaran dapat didefinisikan sebagai kombinasi reaksi kimia dimana elemen-elemen tertentu dari bahan bakar bercampur dengan oksigen

menyebabkan kenaikan temperatur gas. Adanya sejumlah bahan bakar didalam 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 menggunakan 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 memercikkan 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 dimulai 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 didalam silinder motor bakar, yaitu:

2.14.1 Pembakaran Sempurna

Dikatakan pembakaran sempurna apa bila didalam silinder pembakaran yang terjadi disebabkan oleh karena nyala api busi yang membakar campuran bahan bakar dan udara sehingga bahan bakar yang ada didalam silinder terbakar habis dengan kecepatan yang relative konstan.

Hal ini berarti akan didapatkan tekanan gas yang tinggi sehingga output tenaga mesin menjadi besar. Ciri-ciri pembakaran sempurna adalah:

- a. Tidak terjadi celaka, 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.

2.14.2 Pembakaran Tidak Sempurna

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

a. Detonasi

Detonasi adalah proses pembakaran pada mesin yang tidak tepat pada waktunya, yaitu api yang tiba-tiba menjadi besar dalam proses pembakaran, sehingga proses pembakaran yang tidak sempurna.

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 terjadi percikan api pada busi. Tekanan dan suhu tadi dapat pada membakar gas bahan bakar tanpa pemberian api pada busi.

Akibat dari adanya denotasi secara terus menerus menyebabkan tenaga mesin yang dihasilkan akan berkurang dan akan memperpendek umur mesin. Denotasi yang terjadi adalah fungsi dari banyak factor, 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 berdenotasi. Gasolin umumnya dibuat kurang berdenotasi 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 denotasi adalah:

- ❖ Timbul suara ketukan (*knocking*) pada mesin.
- ❖ Bila kunci kontak dimatikan, mesin tidak segera mati.

- ❖ Tenaga dari mesin berkurang dan pemakaian bensin menjadi boris.

b. Pembakaran Tidak Lengkap

Pembakaran yang tidak lengkap yaitu pembakaran yang kekurangan atau kelebihan atau kekurangan oksigen. Pada pembakaran sempurna perbandingan antara udara dan bahanbakar yaitu sekitar 15 : 1 dalam berat. Artinya kandungan udara 15 bagian yang ada dalam campuran tersebut dan kandungan berat bahan bakarnya 1 bagian. Jika ternyata waktu pembakaran jumlah udara kurang 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 pembakaran tidak sempurna juga mengakibatkan kerugian tenaga. Ciri-ciri pembakaran dengan denotasi adalah:

- ✓ Pada pembakan ini akan timbul *cracking* dimana pada nyalanya akan timbul asap, dari pembakaran tipe ini akan dapat dibedakan secara jelas dengan timbulnya gejala pada elektroda pada 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.