

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Definisi Motor Bakar

Menurut Wiranto Arismunandar (1988) Energi diperoleh dengan proses pembakaran. Ditinjau dari cara memperoleh energi termal ini mesin kalor dibagi menjadi 2 golongan, yaitu *mesin pembakaran luar* dan *mesin pembakaran dalam*. Pada mesin pembakaran luar proses pembakaran terjadi di *luar* mesin; energi termal dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke *fluida kerja mesin* melalui beberapa dinding pemisah. Mesin pembakaran dalam pada umumnya dikenal dengan nama *motor bakar*. Proses pembakaran berlangsung di dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja.

Motor bakar adalah alat yang berfungsi untuk mengkonversikan energi termal dari pembakaran bahan bakar menjadi energi mekanis, dimana proses pembakaran berlangsung didalam silinder mesin itu sendiri sehingga gas pembakaran bahan bakar yang terjadi langsung digunakan sebagai fluida kerja untuk melakukan kerja mekanis. (Wardono, 2004)

Motor bakar torak mempergunakan beberapa *silinder* didalamnya terdapat torak yang bergerak *translasi* (bolak balik). Didalam silinder itulah terjadi pembakaran antara *bahan bakar* dengan oksigen dari udara. *Gas pembakaran* yang dihasilkan oleh proses tersebut mampu menggerakkan torak yang oleh *batang penghubung (batang penggerak)* dihunungkan dengan poros engkol.

Gerak translasi torak tadi menyebabkan *gerak rotasi* pada poros engkon dan sebaliknya gerak rotasi poros engkol menimbulkan gerak translasi pada torak. Pada motor bakar tidak terdapat proses perpindahan kalor dari gas pembakaran ke fluida kerja karena itulah komponen motor bakar lebih sedikit daripada komponen mesin uap. (Arismunandar. W, 1988)

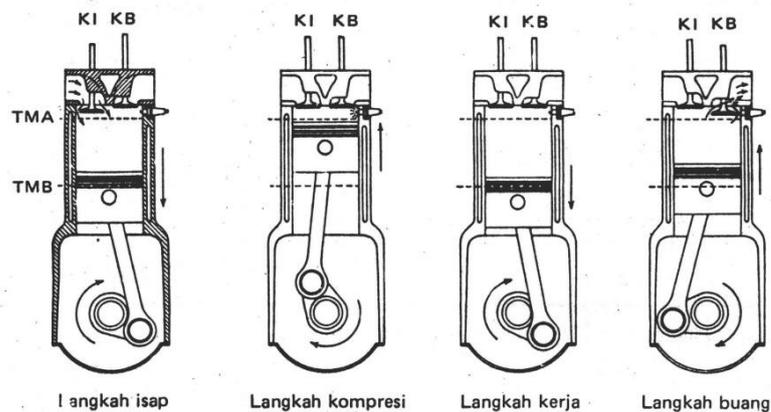
2.2. Mesin Berbahan Bakar Bensin

Motor bakar torak dibagi menjadi dua jenis yaitu *motor bensin (Otto)* dan *Mesin Diesel*. Perbedaannya yang utama terletak pada *sistem penyalaannya*. Bahan bakar pada motor bensin dinyalakan oleh loncatan api listrik diantara kedua *elektroda busi*. Karena itu motor bensin dinamai juga *Spark Ignition Engines*. (Arismunandar W, 1988) Mesin bensin atau mesin Otto dari Nikolaus Otto adalah sebuah tipe mesin pembakaran dalam yang menggunakan nyala busi untuk proses pembakaran (*Spark Ignition*), dirancang untuk menggunakan bahan bakar bensin atau yang sejenis (Wikipedia, 2016).

Karakteristik dari bensin yang memiliki *temperature auto-ignition* yang lebih tinggi dari solar sehingga bensin membutuhkan busi pembakaran untuk memulai pembakaran. Sedangkan yang dimaksud dengan *temperature auto-ignition* sendiri adalah temperatur dimana fraksi akan menimbulkan api dengan sendirinya tanpa adanya sumber api atau percikan api, oleh karena itu diperlukan tekanan kompresi yang lebih rendah dibanding *Mesin Diesel*, karena pada *Mesin Diesel* memulai pembakaran hanya dengan meningkatkan kompresi.

2.2.1. Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Tak

Motor bakar empat langkah adalah mesin pembakaran dalam, yang dalam satu kali siklus pembakaran akan mengalami empat langkah *piston*. (Wikipedia, 2016). Mesin 4 tak memiliki 4 langkah *piston* antara lain; langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha dan langkah buang.



Gambar 2.1. Prinsip kerja mesin 4 langkah
Sumber: Arismunandar. W, 2002

Langkah hisap atau *intake stroke* adalah posisi katup hisap terbuka sedangkan katup buang tertutup, *piston* bergerak dari Titik Mati Atas (TMA) ke Titik Mati Bawah (TMB). Gerakan *piston* menyebabkan ruang didalam silinder menjadi vakum, sehingga campuran bahan bakar dan udara masuk kedalam silinder.

Langkah kompresi atau *compression stroke* adalah langkah dimana campuran bahan bakar dan udara dikompresikan atau ditekan di dalam silinder. Proses yang terjadi pada langkah hisap adalah posisi katup hisap dan katup buang tertutup, *piston* bergerak dari Titik Mati Bawah (TMB)

menuju ke Titik Mati Atas (TMA). Karena gerakan *piston*, volume ruang bakar mengecil sehingga membuat tekanan dan temperatur campuran udara dan bahan bakar di dalam silinder naik.

Langkah kerja atau *combustion stroke* adalah langkah dihasilkannya kerja dari energi pembakaran campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder. Posisi kedua katup tertutup, beberapa saat sebelum *piston* mencapai TMA busi memercikan bunga api pada campuran bahan bakar dan udara yang telah dikompresi dan terjadi pembakaran. Terjadinya pembakaran menyebabkan gas didalam silinder mengembang, tekanan dan suhu naik. Tekanan pembakaran mendorong *piston* bergerak ke TMB, gerakan inilah yang menjadi tenaga motor.

Langkah buang atau *exhaust stroke* adalah langkah dimana gas sisa pembakaran dikeluarkan dari silinder. Katup hisap tertutup dan katup buang terbuka, *piston* bergerak dari TMB menuju ke TMA, gas sisa hasil pembakaran akan terdorong ke luar dari dalam silinder melalui saluran katup buang. Ketika *piston* sudah mencapai TMA poros engkol sudah berputar dua kali.

Syarat mesin berjalan dengan maksimal harus memenuhi kriteria pembakaran yang baik yaitu kompresi tinggi, pengapian pada waktu yang tepat, penyalaan bunga api pada busi kuat atau besar serta campuran bahan bakar dan udara tepat.

DOHC (*Double Over Head Camshaft*) yaitu dua *camshaft* ditempatkan pada kepala silinder, satu untuk menggerakkan katup masuk

dan yang lainnya untuk menggerakkan katup buang. *Camshaft* membuka dan menutup katup langsung, tidak memerlukan *rocker arm*. (New Step 1: 1995)

DOHC ditandai dengan dua *camshaft* yang terletak pada satu kepala silinder. setiap silinder memiliki 4 buah katup, dua buah katup hisap dan dua buah katup buang. Desain DOHC memiliki *camshaft* yang berada lurus diatas katup. DOHC memiliki kelebihan dan kekurangan antara lain;

Kekurangan:

1. Memiliki berat yang lebih besar dibanding SOHC
2. Pengaturan celah katup harus mengganti *shim*, pada SOHC hanya mengatur baut penyetel pada *rocker arm*.

Kelebihan:

1. Tidak menggunakan *rocker arm*, sehingga pemuaiian yang terjadi pada *rocker arm* dapat dihilangkan.
2. Sudut penempatan katup yang lebih tepat sehingga aliran udara lebih optimal.
3. *Camshaft* DOHC lebih mudah diolah daripada *camshaft* SOHC, karena memiliki *camshaft* yang terpisah antara buang dan hisap.

2.3. Spesifikasi Mesin

2.3.1. Kapasitas Mesin

Kapasitas mesin Toyota Great Corolla dengan kode mesin 4A-FE memiliki volume 1,6 liter dengan konfigurasi 4 silinder segaris 16 katup DOHC. Mesin ini menggunakan teknologi EFI (*electronic fuel injection*).

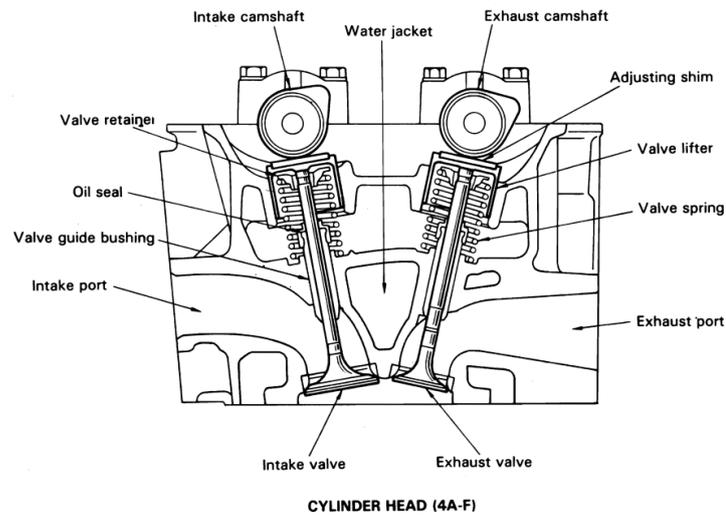
2.4. Komponen Mesin

1. Kepala silinder

Kepala silinder dipasang di bagian atas blok silinder, merupakan penutup bagian atas dari silinder dan juga sebagai pembatas ruang pembakaran di atas torak. Ruang pembakaran terletak di atas torak atau di atas pada titik mati atas (TMA). (Daryanto, 2002) Pada kepala silinder dilengkapi dengan mantel pendingin yang dialiri air pendingin atau *water coolant* yang dipompa dari *water pump* supaya air selalu tersirkulasi dan mampu mendinginkan atau mereduksi suhu panas dari pembakaran. (New Step 1: 1995)



Gambar 2.2. Kepala silinder
Sumber: Riyadi, 2015.



Gambar 2.3. Komponen pada kepala silinder
Sumber: New Step 2 Training Manual, 1994.

2. Mekanisme katup

Mekanisme katup adalah unit yang digerakan oleh poros engkol atau *crankshaft* yang berfungsi untuk mengatur buka tutup katup. *Pully exhaust camshaft* digerakan oleh poros engkol melalui *timing belt*. Sedangkan *intake camshaft* digerakkan oleh *sub gear* dan *driven gear* yang saling berhubungan dengan *drive gear exhaust camshaft* (New Step 1: 1995). Pada media pengambilan data penggerak *camshaft* menggunakan model *timing belt*, yaitu sabuk bergigi. Komponen pada mekanisme katup terdiri dari banyak komponen, misalnya:

a. *Camshaft* atau poros nok

Poros nok adalah sebuah poros yang panjang dan terdapat kam (*camlobe*) berbentuk bulat telur dan berputar eksentrik. Poros nok berfungsi

untuk mengoperasikan katup pada masing masing silinder mesin. (Daryanto, 2002)

Pada media pengambilan data menggunakan jenis DOHC (*dual over head camshaft*) yaitu mekanisme katup pada mesin tersebut memiliki dua buah poros nok (*camshaft*) yang terletak di atas kepala silinder (*head cylinder*). Dengan adanya dua buah *camshaft* sehingga tidak diperlukan *rocker arm* untuk jenis ini. Pada tiap *camshaft* memiliki 8 nok atau *camlobe* yang berfungsi untuk menekan katup supaya terbuka. Dua kali putaran *crankshaft* diubah menjadi satu kali (360 derajat) putaran *camshaft*.

Pada tiap silinder terdapat empat *camlobe* atau yang sering disebut dengan nok, yaitu dua *camlobe* untuk katup masuk dan dua *camlobe* untuk katup buang. Tinggi *camlobe* pada masing-masing *camshaft* sama, sehingga jarak dan lama pembukaan katup disetiap silinder sama. Lama kerja katup ditentukan oleh *camshaft* yang berputar dan menekan katup hingga terbuka.

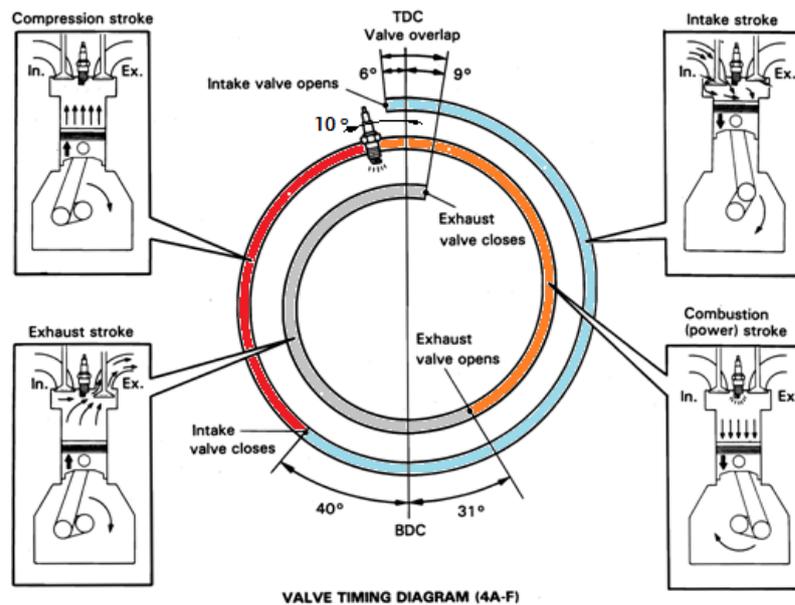


Gambar 2.4. *Camshaft* atau poros nok
Sumber: Riyadi, 2015.

Secara garis besar katup akan terbuka ketika nok atau *camlobe* menekan katup dan proses buka tutup katup menandai sebuah langkah

berdasarkan jumlah *Stroke* atau tak suatu motor. Diasumsikan ketika katup masuk terbuka dan katup buang tertutup, *piston* bergerak dari TMA menuju TMB maka langkah tersebut adalah langkah hisap. Pada kenyataan yang terjadi pada sistem katup tidak seketika katup terbuka saat *piston* mulai bergerak dari titik tertentu menuju titik yang lain. Katup masuk dan buang akan mulai membuka sebelum *piston* mencapai titik mati dan sebelum langkah kerja *piston* dimulai.

Awal pembukaan katup hisap 6 derajat sebelum *piston* mencapai TMA, sehingga katup mulai membuka ketika *piston* belum mencapai TMA. Katup masuk akan menutup dengan sempurna pada 40 derajat setelah *piston* mencapai TMB, atau katup masuk tertutup sempurna pada awal langkah kompresi tepatnya 40 derajat setelah *piston* mencapai TMB dan *piston* bergerak menuju TMA.



Gambar 2.5. Diagram pengapian dan buka-tutup katup
Sumber: New Step 2 Training Manual, 1994.

b. *Shim*

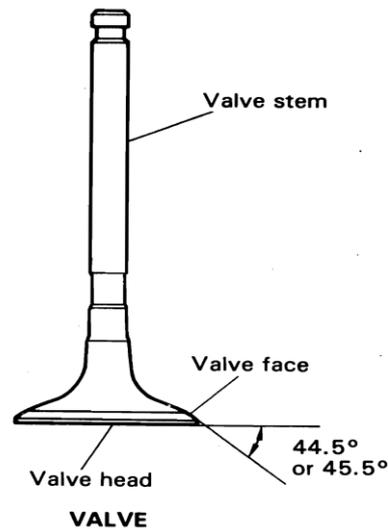
Shim adalah plat bantalan yang bersinggungan langsung dengan *camlobe*. *Shim* berada pada *valve lifter*, *shim* dapat dilepas dan dipasang dengan cara mengungkit pada alur yang terdapat pada *valve lifter*. Selain itu *shim* digunakan sebagai pengganti penyetel celah katup. Pada tipe ini penyetelan celah katup dengan cara mengganti *shim* yang tebalnya berbeda. Cara penggantian *shim* juga harus diperhitungkan supaya celah katup sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2.6. *Shim* dan *lifter*
Sumber: Dhinai Adnan, 2013.

c. *Valve* atau katup

Katup terbuat dari baja berbahan khusus karena berhubungan dengan tekanan dan temperatur yang tinggi. Katup selalu terdorong menutup karena adanya tekanan pegas, apabila tenaga dorong dari putaran *camshaft* bekerja maka katup akan bergerak kebawah sehingga saluran dapat terbuka. Pada umumnya, katup masuk lebih besar dari pada katup buang. (New Step 2: 1996)



Gambar 2.7. Batang katup
Sumber: New Step 2 Training Manual, 1994.

Katup hisap dibuat lebih besar dibandingkan katup buang supaya campuran bahan bakar dan udara yang masuk lebih banyak atau lebih lancar. Katup buang dibuat lebih kecil karena suhu dan tekanan didalam silinder lebih tinggi dibandingkan dengan udara luar. Selain itu, gerakan *piston* dari TMB menuju TMA membantu mengeluarkan gas sisa pembakaran dari dalam silinder.

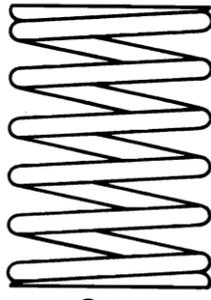
Sudut singgung kepala katup dengan dudukan katup mempengaruhi kerapatan katup ketika menutup. Sudut singgung katup yang tidak sama akan menyebabkan kebocoran karena sisi yang bersinggungan hanya sebagian. Supaya sisi singgung atau jurnal yang terdapat pada katup dan dudukan katup dapat bersentuhan dengan tepat ketika katup menutup serta sisi yang bersinggungan dapat bersentuhan diseluruh bagiannya harus dilakukan *scourse*.

Scourse dilakukan dengan menggosok kedudukan katup dengan karbida, atau bisa juga dengan menggosok sisi yang bersinggungan dengan katup itu sendiri yang diolesi dengan pasta *scourse*. Pasta *scourse* berupa pasta yang bercampur dengan serbuk karbida. Serbuk karbida yang bersifat tajam dan berbentuk butiran lembut akan menggosok permukaan yang bersentuhan ketika tergosok. Ketika menggunakan pasta ini hendaknya berhati-hati karena dapat menggosok permukaan lain ketika permukaan yang terkena pasta *scourse* bergesekan.

d. Pegas katup

Pegas katup pengembali merupakan alat untuk mengembalikan kedudukan katup setelah ditekan oleh poros kam. Pegas katup biasanya berbentuk pegas koil helik. (Daryanto, 2002) .Pegas katup adalah pegas yang berfungsi untuk menutup katup saat tidak ada tekanan dari nok *camshaft*. Pegas katup sangat berpengaruh terhadap kerja mesin, karena rapat tidaknya katup saat menutup sangat tergantung dengan regangan pegas katup.

Apabila pegas katup lemah, maka kecepatan penutupan katup akan lambat bahkan katup tidak akan menutup tepat waktu. Oleh karena itu, bahan pegas katup harus memiliki daya tahan tinggi terhadap kelelahan. Panjang pegas katup sangat mempengaruhi terhadap penutupan dan kekuatan katup.



Gambar 2.8. Pegas katup
Sumber: New Step 2 Training Manual, 1994.

e. Ruang bakar

Ruang bakar adalah ruang terjadinya pembakaran ketika proses pembakaran berlangsung. Ruang bakar terletak pada kepala silinder berupa cekungan. Volume ruang bakar disesuaikan dengan kapasitas atau volume silinder dengan perbandingan yang sesuai standart bahan bakar yang digunakan. Letak ruang bakar berada diatas *piston* ketika *piston* berada pada TMA. Pada ruang silinder terdapat lubang atau saluran yaitu saluran masuk dan saluran buang beserta terdapat lubang untuk busi.

3. Blok Silinder

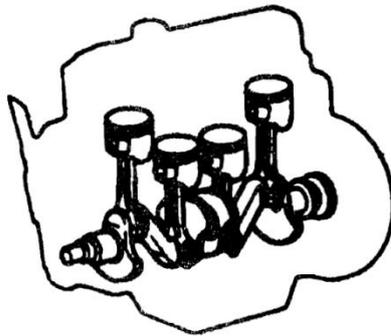
Blok silinder merupakan komponen mesin utama dan terbesar, pada bodi dipasang beberapa komponen yang lain. Semakin berkembangnya teknologi, blok silinder dibuat dengan bahan almunium. Sehingga berat mesin menjadi lebih ringan daripada menggunakan besi tuang.

Pada blok silinder terdapat lubang silinder yang banyaknya tergantung dari spesifikasi kendaraan. Pada blok silinder terdapat mantel pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan atau mengurangi suhu ketika mesin

beroperasi. Selain itu, pada blok silinder juga terdapat saluran oli yang nantinya akan dialirkan ke kepala silinder. Blok silinder memiliki beberapa tipe, antara lain:

a. Tipe *in-line* atau segaris

Blok silinder dengan susunan dan urutan lubang silinder memiliki satu garis yang lurus dan memiliki satu sudut. Tipe ini memiliki keuntungan yaitu mudah dalam segi konstruksi pembuatan dan perawatan. Selain itu, tidak memerlukan ruang yang terlalu besar. Akan tetapi, jenis ini juga memiliki kekurangan yaitu mesin yang semakin banyak memiliki silinder, maka sulit mencapai keseimbangan dari mesin itu sendiri (bergetar).

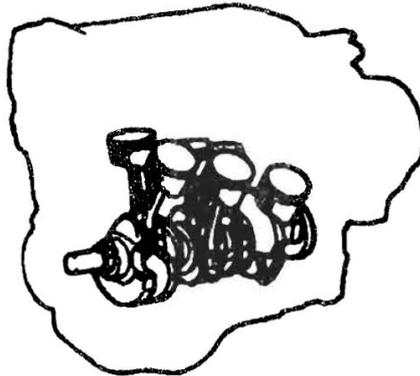


Gambar 2.9. Mesin tipe *in-line* atau segaris
Sumber: New Step 1 Training Manual, 1995.

b. Tipe bercabang

Sesuai dengan namanya, mesin ini memiliki cabang sesuai dengan jenisnya. Mesin bercabang memiliki biasanya konfigurasi v,w,x dan lain-lain. Mesin ini memiliki nilai gravitasi yang lebih rendah karena tidak tegak

lurus terhadap tenaga yang dihasilkan. Dengan silinder yang lebih banyak, maka tenaga yang dihasilkan akan lebih tinggi dibandingkan dengan kapasitas mesin dan teknologi yang sama. Semakin banyak cabang pada mesin, semakin stabil atau seimbang putarannya.



Gambar 2.10. Mesin tipe V
Sumber: New Step 1 Training Manual, 1995.

c. Tipe *flat* atau *boxer*

Mesin *flat* atau mesin *boxer* yang memiliki sudut 180 derajat *vertikal* atau *horizontal* (berlawanan arah). Kekurangan dan kelebihan mesin *boxer* adalah:

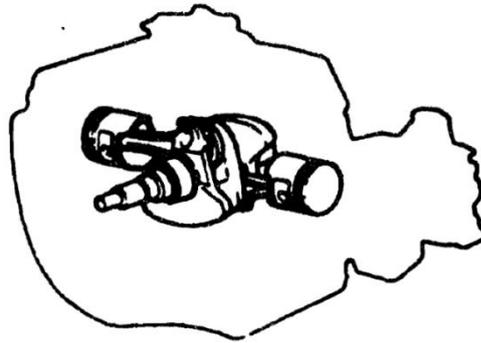
Kekurangan

1. Memiliki tingkat kebisingan yang semakin tinggi seiring bertambahnya jumlah silinder
2. Putaran mesin tidak terlalu tinggi

Kelebihan

1. Memiliki titik gravitasi yang rendah

2. Memiliki getaran yang sangat halus dibandingkan dengan mesin *in-line* dan mesin *v*
3. Konstruksi mesin seimbang
4. Memiliki torsi yang baik



Gambar 2.11. Mesin tipe *flat* atau *boxer*
 Sumber: New Step 1 Training Manual, 1995.

Pada blok silinder terdapat komponen yang dipasang didalam blok silinder, komponen pada blok silinder antara lain:

a. Silinder

Lubang silinder mempunyai bentuk silindris yang sempurna dan telah dipoles. Akan tetapi, karena gesekan *piston* dan ring *piston* dengan silinder yang bertekanan dan temperatur tinggi maka keausan silinder tidak dapat dicegah. (New Step 2:1994)

Ada beberapa jenis dari silinder, antara lain:

1. Silinder tipe basah

Pada silinder blok, tipe ini terdapat mantel pendingin yang berhubungan langsung dengan *cylinder liner* tersebut. pada tipe ini, silinder menggunakan pendingin berupa cairan dengan tujuan silinder tidak cepat panas.

Selain itu, juga untuk mencegah keretakan pada silinder akibat pemuain yang berlebihan karena suhu tinggi. Hal ini membuat *cylinder liner* tidak cepat panas karena selalu berhubungan dengan air pendingin. Pada tipe basah diperlukan *packing* atau *seal* untuk mencegah kebocoran air pendingin. *Seal* yang rusak akan menyebabkan air pendingin masuk ke dalam ruang oli, sehingga dapat mengganggu sistem pelumasan dan akan menimbulkan banyak masalah pada mesin.

2. Silinder tipe kering

Pada blok silinder, tipe ini letak mantel pendingin tidak berhubungan langsung dengan *cylinder liner*. Hal ini membuat *cylinder liner* cepat panas pada saat mesin beroperasi, karena *liner* tidak berhubungan langsung dengan air pendingin.

Masalah yang selalu terjadi karena ausnya silinder adalah :

1. Penggunaan oli mesin bertambah boros.
2. Tenaga mesin menurun karena tekanan kompresi berkurang.
3. Ring *piston* bagian atas rusak karena terjadi pengembangan pada bagian atas *cylinder liner* dan lain-lain.

Penyebab keausan *cylinder liner* adalah :

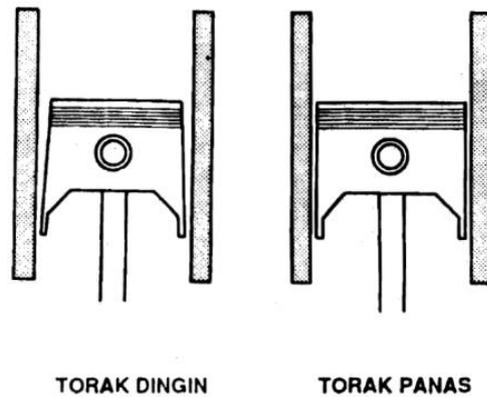
1. Pelumasan yang tidak sempurna.
2. Perawatan yang tidak teratur pada oli mesin atau filter oli
3. Debu yang terhisap ke sistem *intake* bersama udara.
4. Campuran udara dan bahan bakar yang terlalu kaya.
5. *Over heating* atau kelebihan panas yang terjadi pada komponen mesin, dll.

Ukuran silinder mempengaruhi besar kecilnya volume mesin. Volume silinder ditentukan oleh ukuran diameter silinder (*bore*) dan panjang langkah *piston*. Besarnya volume silinder dinyatakan dalam *centimeter cubic (cc)* atau dalam liter (l). Semakin besar diameter silinder maka campuran atau *volume* bahan bakar dan udara yang masuk kedalam silinder semakin banyak. Dengan demikian, dapat diasumsikan tenaga yang dihasilkan akan semakin besar.

b. Piston

Piston adalah komponen mesin yang memiliki sistem vital yang terletak di dalam silinder dan berhubungan langsung dengan ruang bakar sehingga temperatur *piston* sangat tinggi . *Piston* tidak dapat didinginkan dengan *water coolant* atau air pendingin. Sehingga perlu ukuran yang sangat presisi supaya tidak terjadi *stuck* atau *piston* tidak dapat bergerak didalam silinder karena temperatur yang sangat tinggi. *Piston* dibuat dengan ukuran

diameter kepala *piston* lebih kecil dibanding diameter sirip *piston* ketika *piston* dingin, hal itu untuk mencegah pemuaian yang berlebihan pada kepala *piston*.



Gambar 2.12. Keadaan *piston* ketika dingin dan panas
Sumber: New Step 1 Training Manual, 1995.

c. Ring *piston*

Ring *piston* adalah bagian dari *piston* yang selalu bergesekan dengan dinding silinder sehingga ring *piston* sangat rawan terhadap keausan. Ring *piston* juga berfungsi sebagai pencegah kebocoran kompresi.

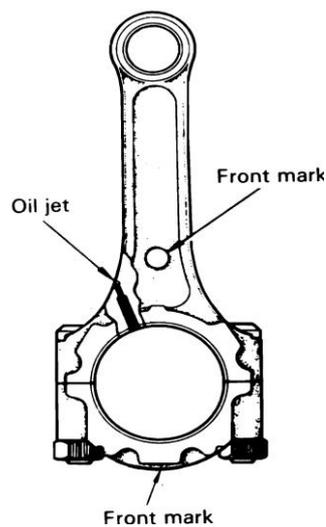


Gambar 2.13. Ring *Piston*
Sumber: Riyadi, 2015.

d. Batang *piston* (*connecting rod*)

Batang penggerak menghubungkan *piston* ke poros engkol batang penggerak memindahkan gaya torak dan memutar poros engkol ketika berhubungan dengan poros engkol, batang penggerak mengubah gerakan bolak balik torak kedalam gerakan putaran dari poros engkol dan roda gigi (Daryanto, 2002).

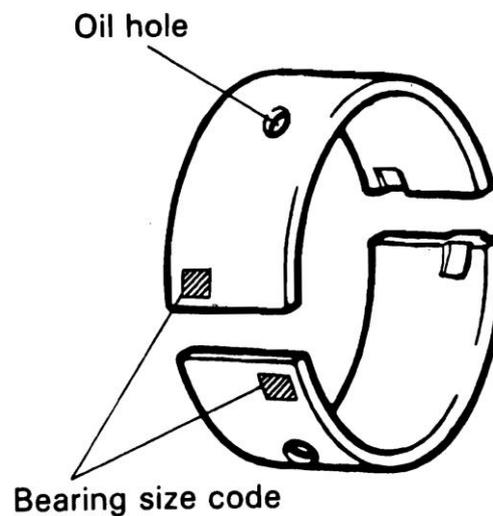
Batang *piston* berfungsi sebagai penerus gaya yang diterima oleh *piston* yang dihasilkan dari pembakaran. Pada batang *piston* terdapat nok atau tanda yang menunjukkan arah depan dari mesin. Pada batang *piston* juga terdapat lubang oli yang berfungsi untuk melumasi bantalan batang *piston*. Panjang batang *piston* sangat mempengaruhi langkah *piston* dari TMA menuju TMB. Panjang batang *piston* disesuaikan dengan jarak *crankpin* dengan *crank jurnal*



Gambar 2.14. Batang *piston*.
Sumber: New Step 2 Training Manual, 1994.

2. Bantalan batang *piston*

Bantalan batang *piston* atau yang biasa disebut dengan metal yang terdapat pada *big end* batang *piston* berfungsi sebagai pencegah keausan yang disebabkan oleh gesekan yang terus menerus. Pada bantalan batang *piston* dibagi menjadi 2 bagian yaitu bagian atas dan bagian bawah. Pada bantalan batang *piston* terdapat nok yang berfungsi sebagai tempat duduknya bantalan supaya bantalan batang *piston* tidak ikut berputar ketika mesin beroperasi. Pada bantalan batang *piston* terdapat lubang oli sebagai saluran pelumasan yang berfungsi untuk mengurangi gesekan pada *crankpin* dan *big end* batang *piston*.



Gambar 2.15 Bantalan batang *piston*
Sumber: New Step 2 Training Manual, 1994.