

## **BAB II**

### **KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

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

Penelitian yang berjudul Overhaul Engine Trainer Toyota Kijang 5K, diteliti oleh Antik Sujarwo dari Universitas Gajah Mada pada tahun 2015. berisi tentang langkah-langkah pembongkaran mesin Toyota Kijang dengan nomor seri mesin 5K, pengecekan setiap komponen pada mesin, analisa kerusakan pada setiap komponen serta perbaikan dan penggantian komponen yang sudah melebihi batas pemakaian dan tidak sesuai dengan spesifikasi yang berdasarkan *manual book*.

#### **2.2. Pengertian Motor Bakar**

Motor bakar torak merupakan salah satu mesin pembangkit tenaga yang mengubah energi panas (energi termal) menjadi energi mekanik melalui proses pembakaran yang terjadi dalam ruang bakar sehingga menghasilkan energi mekanik berupa gerakan translasi piston (*connecting rods*) menjadi gerak rotasi poros engkol yang untuk selanjutnya diteruskan ke sistem transmisi roda gigi kemudian diteruskan ke roda penggerak sehingga kendaraan dapat berjalan.

Menurut siklus kerja ideal, motor bakar torak terbagi menjadi tiga yakni motor bensin (*otto*) atau yang lebih umum *spark ignition engines (SIE)*, motor diesel atau yang lebih umum *compression ignition engine (CIE)*, dan

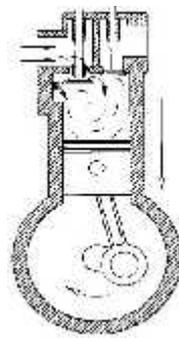
siklus gabungan. Sedangkan menurut langkah yang ditempuh dalam menghasilkan tenaga, maka motor bakar torak terbagi menjadi motor bakar dua langkah (*two strokes engines*) dan motor bakar empat langkah (*four strokes engines*). (Arismunandar, Wiranto,1988).

### 2.3.Prinsip Kerja Motor 4 Langkah

Kerja periodik motor bensin 4 langkah dimulai dari gerak isap, campuran udara dan bensinnya dihisap kedalam silinder, kemudian kompresi, pembakaran dan pembuangan gas-gas bekas yang telah terbakar dalam ruang bakar.

Pada motor bensin ini torak bergerak membuat 4 langkah dalam satu siklus, memerlukan 2 kali putaran penuh poros engkol. Titik tertinggi yang dicapai torak disebut titik mati atas (TMA) dan titik terendah yang dicapai torak disebut titik mati bawah (TMB). Berikut ini kerja periodik motor bensin 4 langkah:

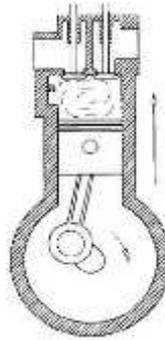
#### 1. Langkah Hisap



Gambar 2.1. Langkah Hisap

Torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB), katup masuk dalam keadaan terbuka dan katup buang dalam keadaan tertutup, sehingga di dalam silinder terjadi hampa udara. Oleh karena adanya perbedaan tekanan antara ruangan silinder dengan udara luar, maka campuran udara dan bahan bakar terhisap masuk ke dalam silinder. (Pulkrabek, Willard W,1977).

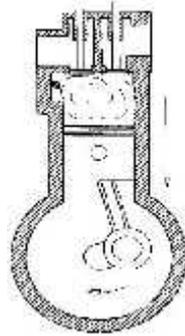
## 2. Langkah Kompresi



Gambar 2.2. Langkah Kompresi

Pada langkah kompresi, katup hisap dan katup buang tertutup. Sewaktu torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), campuran bahan bakar dan udara yang dihisap tadi ditekan atau dikompresikan. Akibatnya tekanan dan temperaturnya menjadi naik, sehingga akan mudah terbakar. Ketika torak mencapai TMA, poros engkol telah berputar satu kali. (Pulkrabek, Willard W,1977).

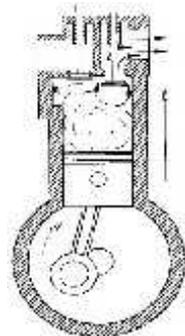
### 3. Langkah Usaha



Gambar 2.3. Langkah Usaha

Katup masuk dan katup buang dalam keadaan tertutup. Torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) Sesaat sebelum torak mencapai TMA pada saat langkah kompresi, busi mengeluarkan loncatan api pada campuran bahan bakar dan udara yang telah dikompresikan. Dengan terjadinya pembakaran, kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi mendorong torak ke titik mati bawah (TMB). (Pulkrabek, Willard W, 1977)

### 4. Langkah Buang

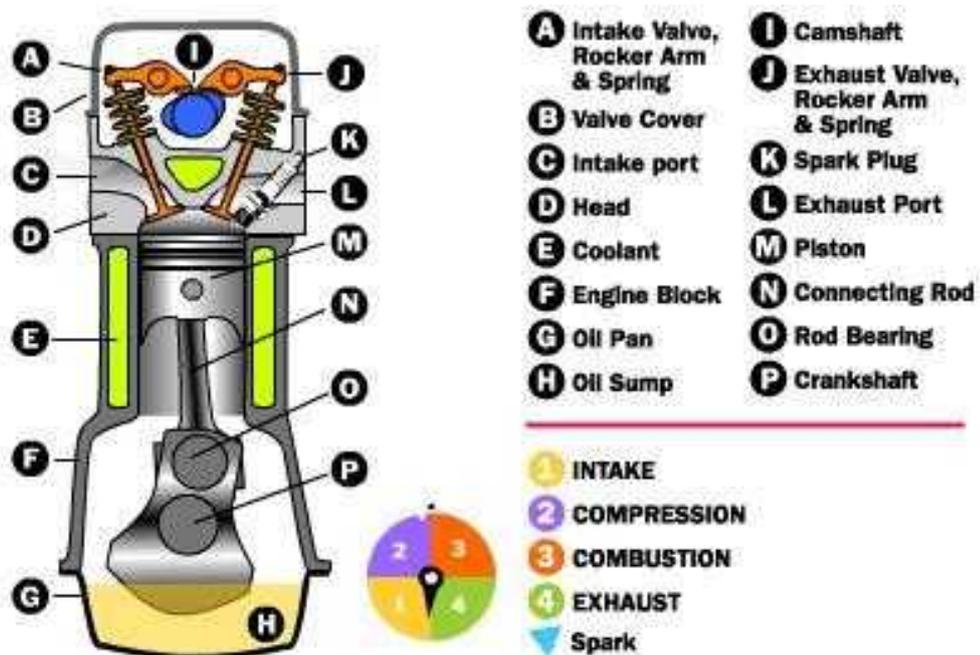


Gambar 2.4. Langkah Buang

Dalam langkah buang, gas yang terbakar dibuang dari dalam silinder. Katup buang terbuka, torak bergerak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), mendorong gas bekas hasil pembakaran keluar dari silinder. Ketika torak mencapai titik mati atas (TMA), akan mulai bergerak lagi untuk persiapan langkah berikutnya, yaitu langkah hisap. (Pulkrabek, Willard W,1977)

## 2.4.Komponen Mesin

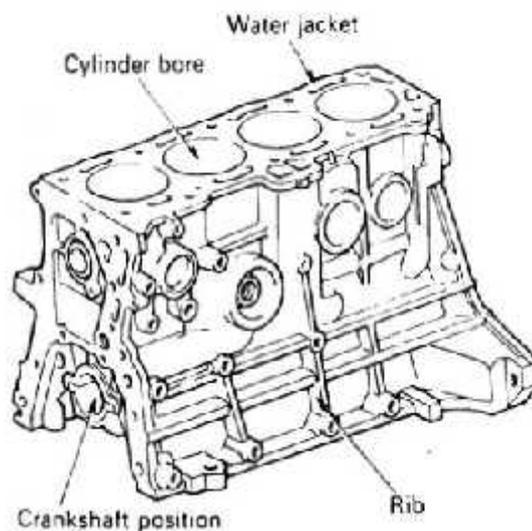
Komponen utama pada suatu mesin terdiri dari beberapa komponen dan jika salah satu komponen mengalami kerusakan atau kegagalan saat bekerja maka akan mengakibatkan trouble pada mesin tersebut, berikut komponen-komponen yang ada pada mesin :



Gambar 2.5. Komponen mesin

## 1. Blok Silinder

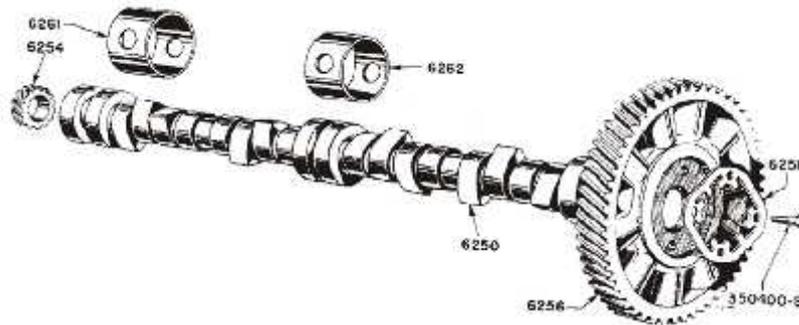
Blok silinder merupakan inti dari mesin, yang terbuat dari paduan aluminium atau besi tuang. Blok silinder dilengkapi rangka pada bagian dinding luar untuk memberikan kekuatan pada mesin dan membantu meradiasikan panas. Blok silinder terdiri dari beberapa lubang tabung silinder, yang di dalamnya terdapat torak yang bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) atau sebaliknya. Silinder-silinder dikelilingi oleh mantel pendingin (*water jacket*) untuk membantu pendinginan. Untuk pembuatan silinder diperlukan ketelitian tinggi karena tidak boleh terdapat kebocoran campuran bahan bakar dan udara saat berlangsungnya kompresi atau kebocoran gas pembakaran antara silinder dan torak, tahanan antara torak dan silinder harus sekecil mungkin. (Pulkrabek, Willard W,1977 : 18 )



Gambar 2.6. Blok Silinder

## 2. *Camshaft*

Sumbu nok dilengkapi dengan sejumlah nok yang sama yaitu untuk katup hisap dan katup buang, dan nok ini membuka dan menutup katup sesuai *timing* yang telah ditentukan. (Pulkrabek, Willard W, 1977 : 18 )



Gambar 2.7. *Camshaft*

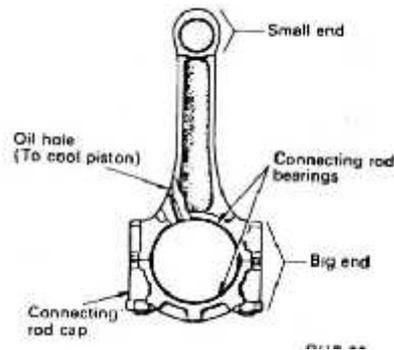
## 3. Ruang Bakar (*combustion chamber*)

Ruang bakar terletak di kepala silinder yang berfungsi sebagai tempat pembakaran campuran bahan bakar dengan udara yang telah dikompresikan oleh torak didalam silinder.

Ruang bakar sendiri terletak dikepala silinder. Ruang bakar terhubung langsung ke katup masuk dan katup buang, juga tempat pemasangan busi. (Pulkrabek, Willard W., 1977 : 20)

## 4. Batang Torak (*Connecting Rod*)

Batang torak menghubungkan torak ke poros engkol dan selanjutnya meneruskan tenaga yang dihasilkan oleh batang torak ke poros engkol. (Pulkrabek, Willard W., 1977 : 20)



Gambar 2.8. Batang Torak

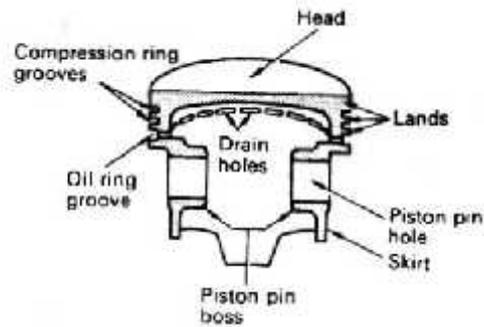
### 5. Crankshaft

Tenaga yang digunakan untuk menggerakkan roda kendaraan dihasilkan oleh gerakan batang torak dan diubah menjadi gerak putaran pada poros engkol. Poros engkol menerima beban yang besar dari torak dan batang torak serta berputar pada kecepatan tinggi. Dengan alasan tersebut poros engkol umumnya dibuat dari baja karbon dengan tingkatan serta mempunyai daya tahan tinggi. (Heywood, John B., 1988 : 15)

### 6. Torak (*piston*)

Torak bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB) atau sebaliknya di dalam silinder untuk melakukan langkah hisap, kompresi, pembakaran dan pembuangan. Fungsi utama torak untuk menerima tekanan pembakaran dan meneruskan tekanan untuk memutar poros engkol melalui batang torak (*connecting rod*).

Torak terus menerus menerima temperatur dan tekanan tinggi sehingga harus dapat tahan saat mesin beroperasi pada kecepatan tinggi untuk periode waktu yang lama. Pada umumnya torak dibuat dari paduan *aluminium*. (Pulkrabek, Willard W, 1977 : 22).



Gambar 2.9. Penampang Torak

## 7. Katup

Katup pada mesin untuk mengatur pemasukan gas baru dan pengeluaran gas bekas, untuk melaksanakan kerja tersebut katup harus membuka dan menutup tepat pada waktunya. Pada saat katup terbuka poros nok berada pada pengangkatan (*high cam*), terbukanya katup ditekan oleh *rocker arm*, pada saat katup tertutup poros nok pada posisi bebas (*low cam*), pegas katup akan mengembalikan / menarik katup untuk menutup. (Pulkrabek ,Willard W, 1977 : 24).



Gambar 2.10. Katup

#### 8. *Piston ring*

*Piston ring* berfungsi untuk mencegah kebocoran campuran udara dan bensin dan gas pembakaran dari ruang bakar ke bak engkol selama langkah kompresi dan usaha. *Piston ring* terbuat dari besi tuang perlit dan mempunyai koefisien gesek yang rendah sehingga tidak merusak dinding silinder. *Oil ring* dipasang untuk membentuk lapisan oli (*oil film*) antara torak dan dinding silinder. Selain itu juga untuk mengikis kelebihan oli untuk mencegah masuknya ke dalam ruang bakar. Konstruksi *oil ring* berbeda dengan *compression ring*, di sekeliling *oil ring* terdapat lubang atau alur-alur agar minyak pelumas yang dikikis dapat dialirkan kembali ke bagian dalam *piston*. (Pulkrabek ,Willard W, 1977 : 22).

#### 9. *RockerArm*

Rocker arm dipasang pada rocker shaft, bila rocker arm ditekan keatas oleh poros hubungan katup akan tertekan dan membuka. Rocker arm di lengkapi dengan sekrup dan mur pengunci untuk penyetelan katup.

(Pulkrabek ,Willard W,1977 : 21).

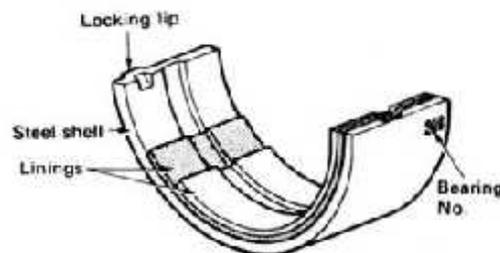
#### 10. Kepala Silinder

Kepala silinder ini terbuat dari paduan *aluminium* yang ditempa keras. Kepala silinder yang terbuat dari paduan *aluminium* memiliki kemampuan pendinginan yang baik. Pada kepala silinder ini terdapat ruang bakar dan mekanisme katup.

Kepala silinder juga dilengkapi mantel pendingin yang dialiri air pendingin yang datang dari blok silinder untuk mendinginkan mekanisme katup dan busi. (Heywood, John B., 1988 : 15)

#### 11. Bantalan Poros Engkol

*Crank pin* dan journal poros engkol menerima beban yang besar (dari tekanan gas pembakaran) dari torak dan berputar pada putaran tinggi. Oleh sebab itu digunakan bantalan-bantalan antara pin dan journal yang dilumasi dengan oli untuk mencegah keausan serta mengurangi gesekan. Lapisan baja (*steel shell*) mempunyai bibir pengunci (*locking lip*) untuk mencegah agar bantalan tidak ikut berputar. (Pulkrabek, Willard W, 1977 : 22).



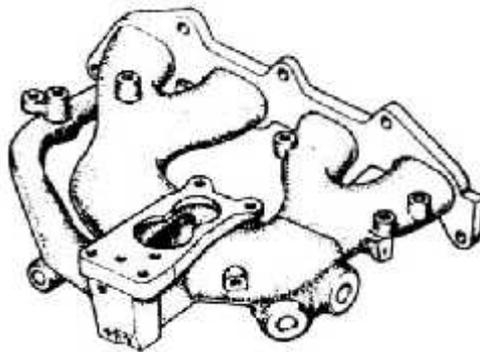
Gambar 2.11. Bantalan poros engkol.

#### 12. Gasket Kepala Silinder

*Gasket* kepala silinder (*cylinder head gasket*) mencegah kebocoran gas pembakaran, air pendingin dan oli. Gasket kepala silinder harus tahan panas dan tekanan dalam setiap perubahan temperatur. Terbuat dari gabungan karbon dengan lempengan baja (*carbon clad sheet steel*) karbon itu melekat dengan *graphite*, dan kedua-duanya berfungsi untuk mencegah kebocoran yang ditimbulkan blok silinder dengan kepala silinder, serta untuk menambah kemampuan melekat pada gasket. (Pulkrabek, Willard W, 1977 : 22).

### 13. Intake manifold

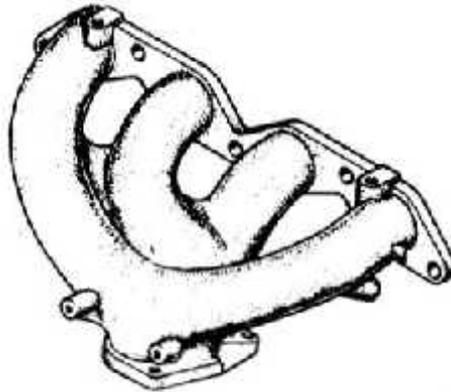
*Intake manifold* mendistribusikan campuran udara bahan bakar yang diproses oleh karburator kesilinder-silinder. *Intake manifold* dibuat dari paduan aluminium, yang dapat memindahkan panas lebih efektif dibanding dengan logam lainnya. (Heywood, John B., 1988 : 15).



Gambar 2.12. *Intake manifold*

### 14. *Exhaust manifold*

*Exhaust manifold* menampung gas bekas dari semua silinder dan mengalirkan gas tersebut ke pipa buang (*Exhaust pipe*). *Exhaust manifold* dibuat pada kepala silinder, saluran *manifold (manifold part)* disambungkan langsung pada lubang gas bekas (*exhaust port*) pada silinder. (Pulkrabek, Willard W, 1977 : 21).

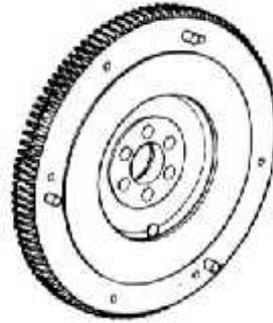


Gambar 2.13. *Exhaust Manifold*

#### 15. Roda penerus (*Fly Wheel*)

Roda penerus dibuat dari baja tuang dengan mutu tinggi yang diikat oleh baut pada bagian belakang poros engkol. Poros engkol menerima tenaga putar (*rotational force*) dari torak selama langkah usaha. Tapi tenaga itu hilang pada langkah-langkah lainnya, seperti *inertia loss*, dan kehilangan akibat gesekan.

Roda penerus menyimpan tenaga putar (*inertia*) selama proses langkah lainnya kecuali langkah usaha oleh sebab itu poros engkol berputar terus menerus. Hal ini menyebabkan mesin berputar dengan lembut yang diakibatkan getaran tenaga yang dihasilkan. Roda penerus dilengkapi dengan *ring gear* yang dipasangkan di bagian luarnya gunanya untuk perkaitan dengan gigi pinion dari motor stater. (Pulkrabek ,Willard W, 1977 : 21).



Gambar 2.14. *Fly wheel*

#### 16. *Oil pan* / bak oli

*Bagian* bawah dari pada blok silinder disebut bak engkol (*crank-case*). Bak oli (*oil pan*) dibaut pada bak engkol dengan diberi paking seal atau gasket. Bak oli dibuat dari baja yang dicetak dan dilengkapi dengan penyekat (*separator*) untuk menjaga agar permukaan oli tetap rata ketika kendaraan pada posisi miring. Penyumbat oli (*drain plug*) letaknya dibagian bawah bak oli dan fungsinya untuk mengeluarkan oli mesin bekas. (Pulkrabek ,Willard W, 1977 : 22)



Gambar 2.16. *Oil Pan* atau bak oli

## 17. Pompa oli

Pompa oli atau oli pump berfungsi untuk menghisap minyak pelumas dari bak oli dan menekan atau menyalurkan ke bagian-bagian mesin yang bergerak dengan tujuan agar bagian bagian tersebut dapat terlumasi dengan oli. Pompa oli ada yang digerakan oleh poros engkol dan ada juga yang digerakkan oleh poros nok, serta timing belt dan lain sebagainya. Filter oli terpasang pada inlet pompa oli yang berfungsi untuk menyaring kotoran kotoran yang ada pada oli.



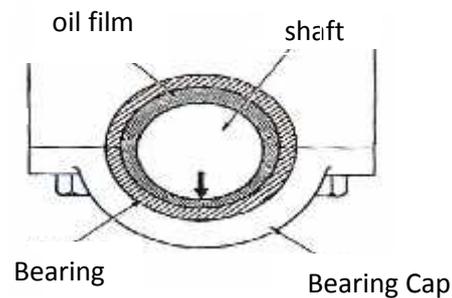
Gambar 2.17. Pompa oli

## 2.5. Sistem Pelumasan

Mesin terdiri dari bagian-bagian logam (*metal parts*) yang bergerak, beberapa diantaranya ada yang berhubungan langsung secara tetap satu dengan yang lainnya. Termasuk poros engkol, batang torak, dan bagian mekanisme katup.

Saat mesin mulai berputar gesekan yang terjadi antara bagian-bagian mesin akan menyebabkan hilangnya tenaga, dan bagian-bagian mesin tersebut menjadi aus. Oli pelumas melumasi secara kontinyu ke bagian-bagian mesin untuk mencegah keausan. Oli pelumas ini diatur oleh sistem pelumasan pada mesin.

Gambar di bawah ini memperlihatkan pelumasan mekanisme sebuah poros yang berputar. Lapisan *oil film* terbentuk diantara poros dan bantalan yang berfungsi untuk mencegah kontak langsung. (*New Step 1 Training Manual,1996*)



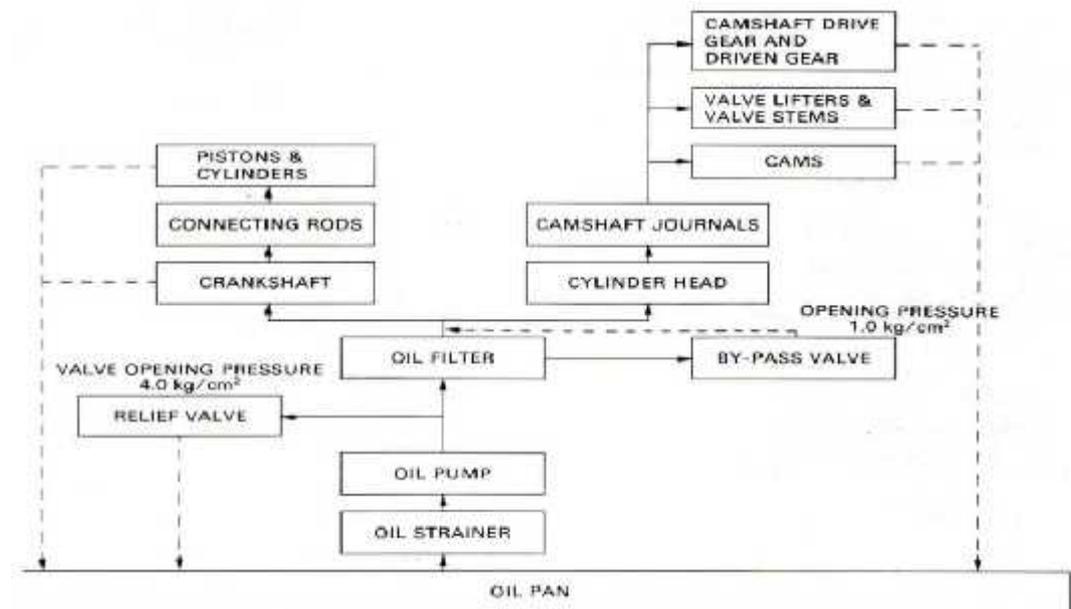
Gambar 2.18. Lapisan *Oil Film*

1. Fungsi lain oli pelumasan :

- a. Oli membentuk lapisan (*oil film*) mencegah kontak langsung permukaan logam dengan logam.
- b. Oli mendinginkan bagian-bagian mesin.
- c. Berfungsi sebagai seal antara torak dengan lubang dinding silinder.
- d. Mengeluarkan kotoran dari bagian-bagian mesin.
- e. Mencegah karat pada bagian-bagian mesin.

Sistem pelumasan yang digunakan di mesin Mitsubishi Lancer SL dengan kode mesin 4G33 adalah dengan cara sistem tekanan penuh (*fully-pressured method*) dengan cara percikan dan kombinasi antara tekanan dan percikan. Dalam sistem tekanan ini, oli ditekan oleh gerakan mekanik dari pompa oli dan

disalurkan kebagian-bagian mesin yang bergerak. (*New Step 1 Training Manual, 1996*)



Gambar 2.19. Aliran Oli Tekanan Penuh

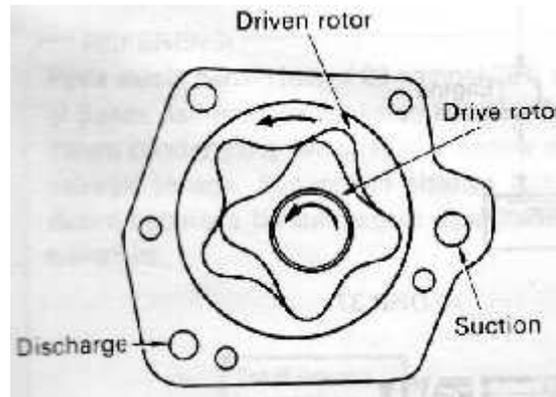
## 2. Pompa Oli Mesin Mitsubishi 4G33 (*trochoid type*)

Pompa oli model *trochoid* dilengkapi dengan 2 rotor ( rotor penggerak dan rotor yang digerakkan ) di dalam rumah pompa / *pump body*. Bila rotor penggerak berputar seperti pada gambar, rotor yang digerakkan langsung ikut sama-sama berputar.

Poros rotor penggerak tidak satu titik pusat dengan rotor yang digerakkan, oleh karena itu besarnya ruangan dibentuk oleh dua rotor yang berputar. Oli terhisap ke pompa oli saat ruangan membesar dan oli ditekan ketika ruangnya mengecil.

*Trochoid pump* bentuknya sederhana dibandingkan dengan pompa model gigi dan lebih dapat diandalkan. Selain itu volume oli yang keluar

lebih besar untuk setiap kali berputar, ini berarti ukuran atau bentuk pompa dapat diperkecil. (*New Step 1 Training Manual, 1996*)



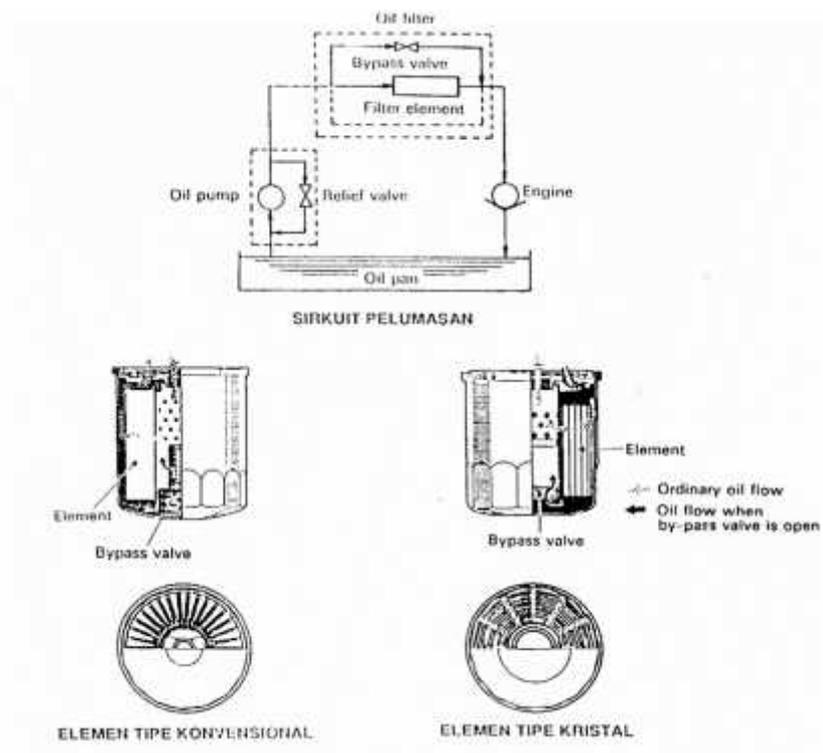
Gambar 2.20. Bagian Pompa Oli Tipe *Trochoid*.

### 3. Saringan Oli

Oli mesin akan berangsur-angsur menjadi kotor bercampur dengan logam-logam, karbon, endapan lumpur dan lain-lain. Bila bagian yang bergerak dilumasi oleh oli yang kotor akibatnya komponen-komponen akan cepat menjadi aus. Untuk mencegah hal ini, maka dipasangkan saringan oli pada sistem pelumasan untuk memisahkan kotoran-kotoran dari oli.

Pada saringan oli juga dipasang *relief valve*, bila elemen saringan tersumbat oleh kotoran-kotoran maka akan terjadi perbedaan tekanan antara saluran masuk (*inlet*) dan saluran keluar (*discharge*) dan bila melebihi tekanan yang ditetapkan maka katup *bypass* akan membuka dan menyalurkan oli ke *bypass* elemen saringan dan oli disalurkan langsung ke bagian mesin untuk menghindari kerusakan dan keausan yang lebih fatal.

Oli yang kotor dapat mencapai bagian-bagian mesin yang bergerak bila saringan oli tersumbat, maka bagian-bagian cenderung cepat menjadi aus. Oleh sebab itu saringan oli perlu di ganti secara teratur. (*New Step 1 Training Manual,1996*)



Gambar 2.21. Penampang Filter Oli.