

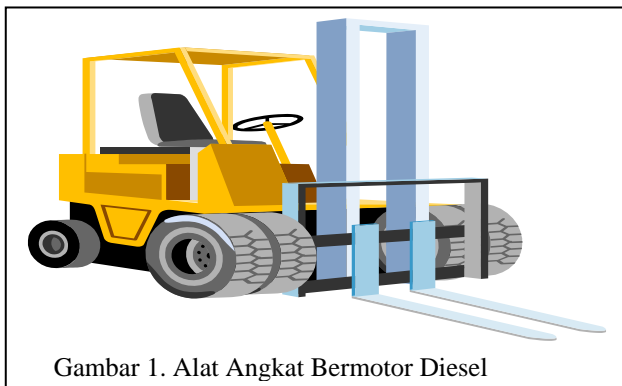


JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
KONSENTRASI KEAHLIAN OTOMOTIF
FPTK UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

MODUL	MOTOR DIESEL 1 [MEKANISME MOTOR DIESEL]
KOMPETENSI	KOMPOTEN DALAM MELAKSANAKAN PEMELIHARAAN DAN PERAWATAN SERTA PERBAIKAN
WAKTU	2 SKS (2 X 100 TATAP MUKA PRAKTIK)
DOSEN	WOWO SUNARYO KUWANA

MOTOR

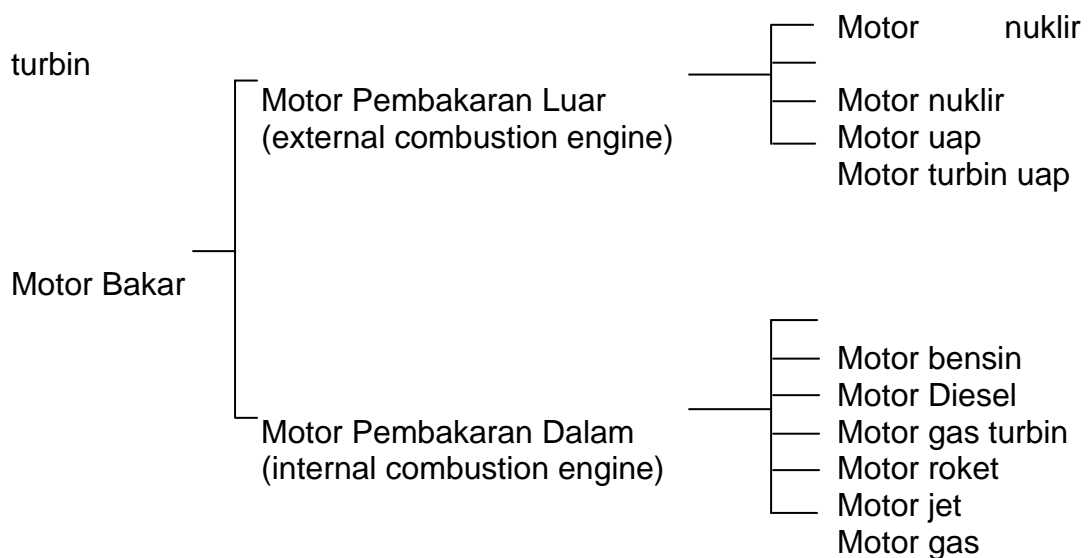
I. URAIAN



Gambar 1. Alat Angkat Bermotor Diesel

Roda-roda suatu kendaraan memerlukan adanya tenaga luar yang memungkinkan kendaraan dapat bergerak. Sumber dari luar yang menghasilkan tenaga disebut motor. Motor yang merubah tenaga panas menjadi tenaga mekanis disebut motor bakar.

II. MOTOR BAKAR



III. KARAKTERISTIK

Karakteristik motor diesel dan bensin adalah sebagai berikut :

Motor bensin :

- Kecepatannya tinggi.
- Mudah dalam pengoperasiannya.
- Pembakarannya sempurna.
- Digunakan pada mobil penumpang.

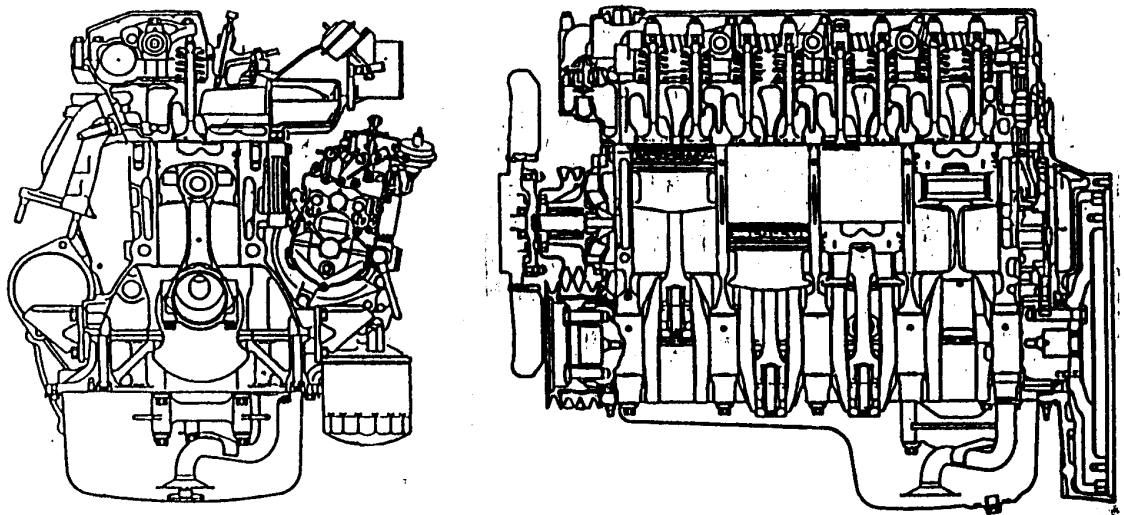
Motor diesel :

- Efisiensi panasnya tinggi.
- Bahan bakarnya hemat.
- Kecepatannya lebih rendah dibanding motor bensin.
- Getarannya besar dan berisik.
- Harganya lebih mahal.
- Digunakan pada kendaraan niaga.

MOTOR DIESEL

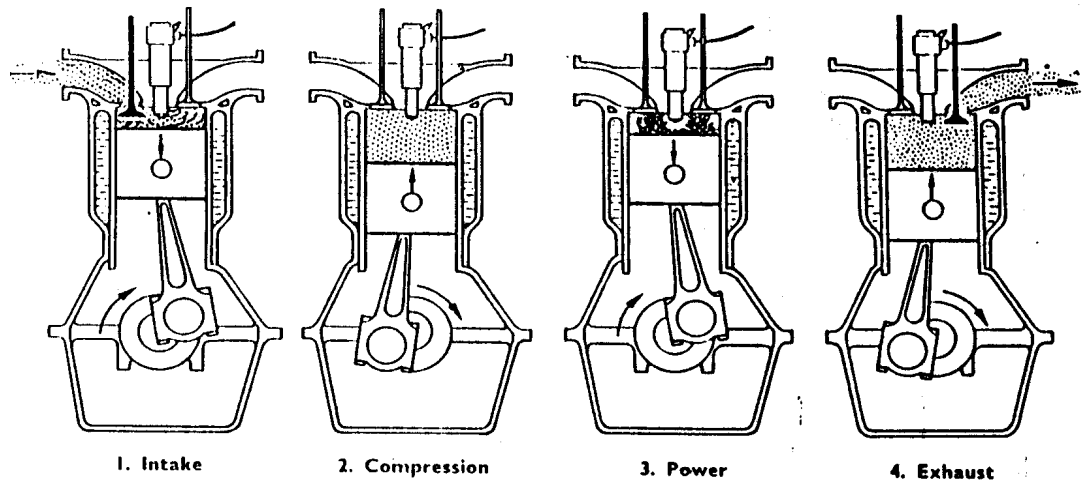
I. URAIAN

Motor diesel ditemukan oleh Rudolf Diesel, pada tahun 1872. Dahulu motor diesel menggunakan siklus diesel tapi sekarang ini menggunakan siklus sabathe. Motor diesel mempunyai tekanan kompresi yang tinggi (30 – 45 kg/cm²) agar temperatur udara yang dikompresikan mencapai 500°C atau lebih.



Gambar 2. Pandangan Samping Motor Diesel 4 Langkah

II. PRINSIP KERJA



Gambar 3. Langkah Kerja Motor Siesel

① Langkah Hisap

- Piston bergerak dari TMA ke TMB.
- Katup hisap terbuka.
- Katup buang tertutup.
- Terjadi kevakuman dalam silinder, yang menyebabkan udara murni masuk ke dalam silinder.

② Langkah Kompresi

- Piston bergerak dari TMB ke TMA.
- Katup hisap tertutup.
- Katup buang tertutup.
- Udara dikompresikan sampai tekanan dan suhunya menjadi 30 kg/cm^2 dan 500°C .

③ Langkah Usaha

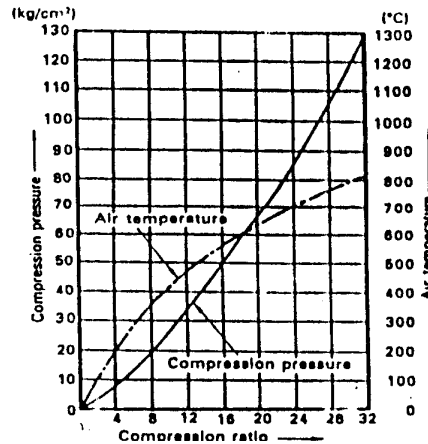
- Katup hisap tertutup.
- Katup buang tertutup.
- Injektor menyemprotkan bahan bakar sehingga terjadi pembakaran yang menyebabkan piston bergerak dari TMA ke TMB.

④ Langkah buang

- Piston bergerak dari TMB ke TMA.
- Katup hisap tertutup.
- Katup buang terbuka.
- Piston mendorong gas sisa pembakaran keluar.

III. SIKLUS PEMBAKARAN

① Perbandingan Kompresi dan Temperatur



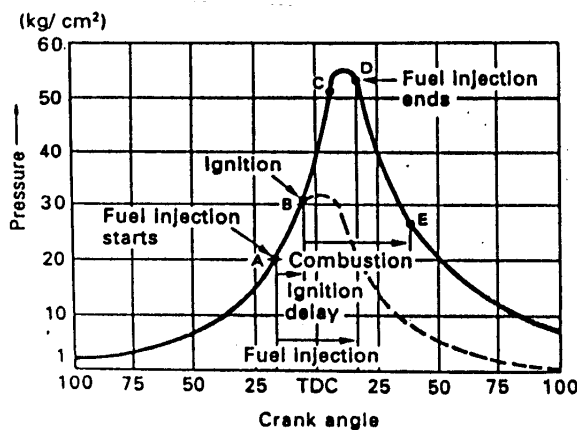
Udara dalam silinder dikompresikan oleh adanya gerakan naik piston yang menyebabkan temperatur meningkat.

Grafik di samping memperlihatkan hubungan secara teori antara perbandingan kompresi, tekanan kompresi dan suhu.

Apabila perbandingan kompresi 16, maka tekanan kompresi dan temperatur adalah 30 kg/cm² dan 500°C.

Gambar 4. Grafik Hubungan Perbandingan Kompresi

② Proses Pembakaran Motor Diesel



Proses pembakaran pada motor diesel dibagi menjadi 4 tahap :

1. Saat pembakaran tertunda (Ignition Delay)=A–B

Tahap di mana bahan bakar yang diinjeksikan baru bercampur dengan udara agar terbentuk campuran yang homogen.

Gambar 5. Grafik Pembakaran

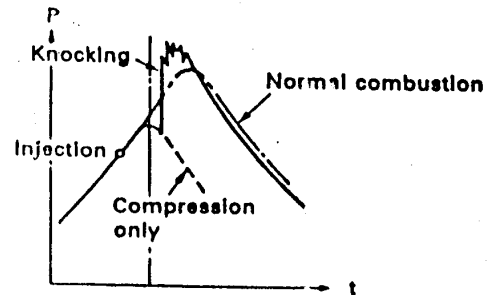
2. Saat perambatan api (Flame propagation) = B – C
Terjadi pembakaran di beberapa tempat yang menyebabkan terjadinya letupan api yang mengakibatkan kenaikan tekanan dan temperatur secara drastis.
3. Saat pembakaran langsung (Direct Combustion) = C – D
Pada phase ini, bahan bakar yang diinjeksikan langsung terbakar.
4. Saat Pembakaran Lanjut (After Burning) = D – E
Phase ini membakar sisa campuran bahan bakar dan udara yang belum terbakar.

IV. DETONASI (KNOCKING)

Detonasi adalah getaran atau suara ledakan yang ditimbulkan oleh pembakaran yang tidak sempurna.

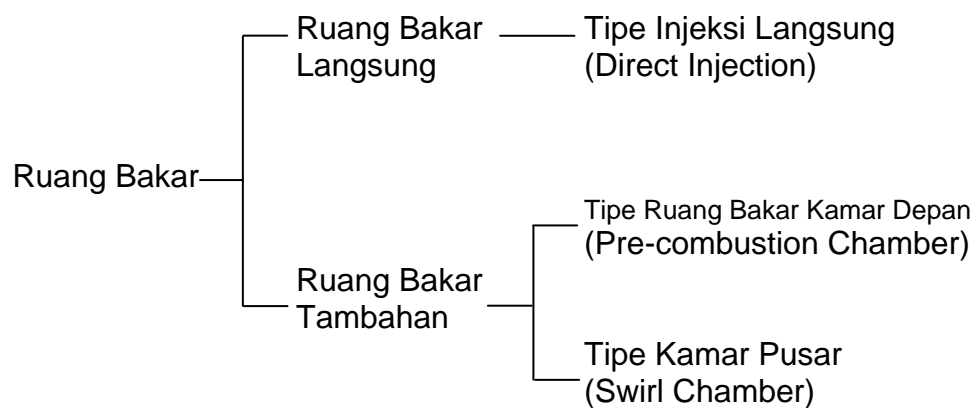
Metoda dibawah ini adalah cara mengatasinya :

1. Gunakan solar yang angka cetane-nya tinggi.
2. Meningkatkan tekanan dan temperatur udara.
3. Mengurangi volume injeksi saat mulai injeksi.
4. Meningkatkan temperatur ruang bakar.

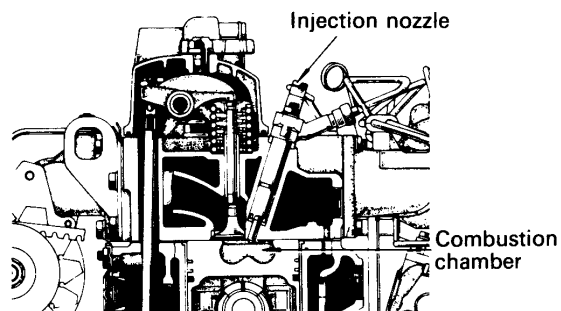


V. MACAM-MACAM RUANG BAKAR MOTOR DIESEL

Motor diesel dibagi berdasarkan bentuk ruang bakarnya :



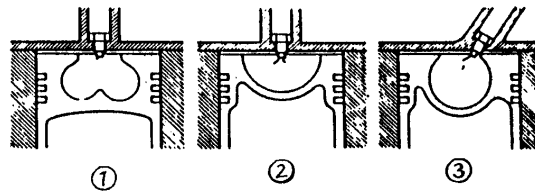
① Tipe Injeksi Langsung (Direct Injection)



Injection nozzle menyemprotkan bahan bakar langsung ke ruang bakar utama (main combustion) yang terdapat pada piston dan cylinder head.

Gambar 6. Tipe Injeksi Langsung

- Macam-macam Ruang Injeksi Langsung

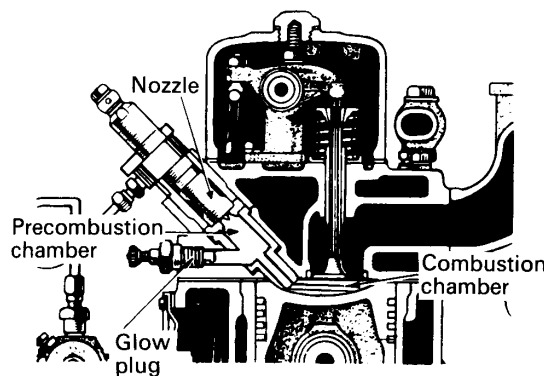


1. Multi-spherical.
2. Hemispherical.
3. Spherical.

Gambar 7. Macam Ruang Injeksi

- Keuntungan :
 1. Effisiensi panas tinggi (tidak memerlukan glow plug).
 2. Konstruksi cylinder head sederhana.
 3. Karena kerugian panas kecil, perbandingan kompresi dapat diturunkan.
- Kerugian :
 1. Pompa injeksi harus menghasilkan tekanan yang tinggi.
 2. Kecepatan maksimum lebih rendah.
 3. Suara lebih besar (berisik).
 4. Bahan bakar harus bermutu tinggi.

② Tipe Ruang Bakar Kamar Depan

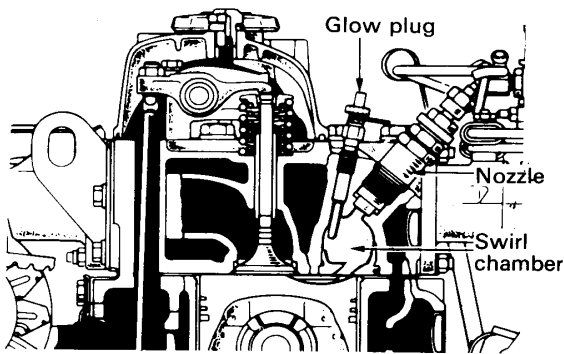


Bahan bakar disemprotkan oleh injection nozzle ke pre-combustion chamber. Sebagian akan terbakar di tempat dan sisanya yang tidak terbakar akan dibakar habis di ruang bakar utama (main chamber).

Gambar 8. Tipe Ruang bakar Kamar Depan

- Keuntungan :
 1. Pemakaian bahan bakar lebih luas.
 2. Detonasi dapat dikurangi karena menggunakan injektor tipe throttle.
 3. Motor tidak terlalu peka terhadap perubahan timing injeksi.
- Kerugian :
 1. Cylinder head rumit dan biaya pembuatan mahal.
 2. Memerlukan glow plug.
 3. Pemakaian bahan bakar lebih boros.

③ Tipe Kamar Puser (Swirl Chamber Type)

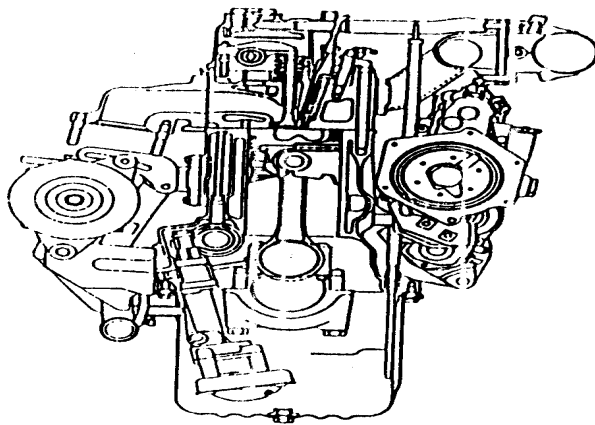


Kamar puser mempunyai bentuk spherical. Udara yang dikompresikan piston memasuki kamar puser dan membentuk aliran turbulensi. Sebagian akan terbakar di tempat dan sisanya yang tidak terbakar akan dibakar habis di main combustion chamber.

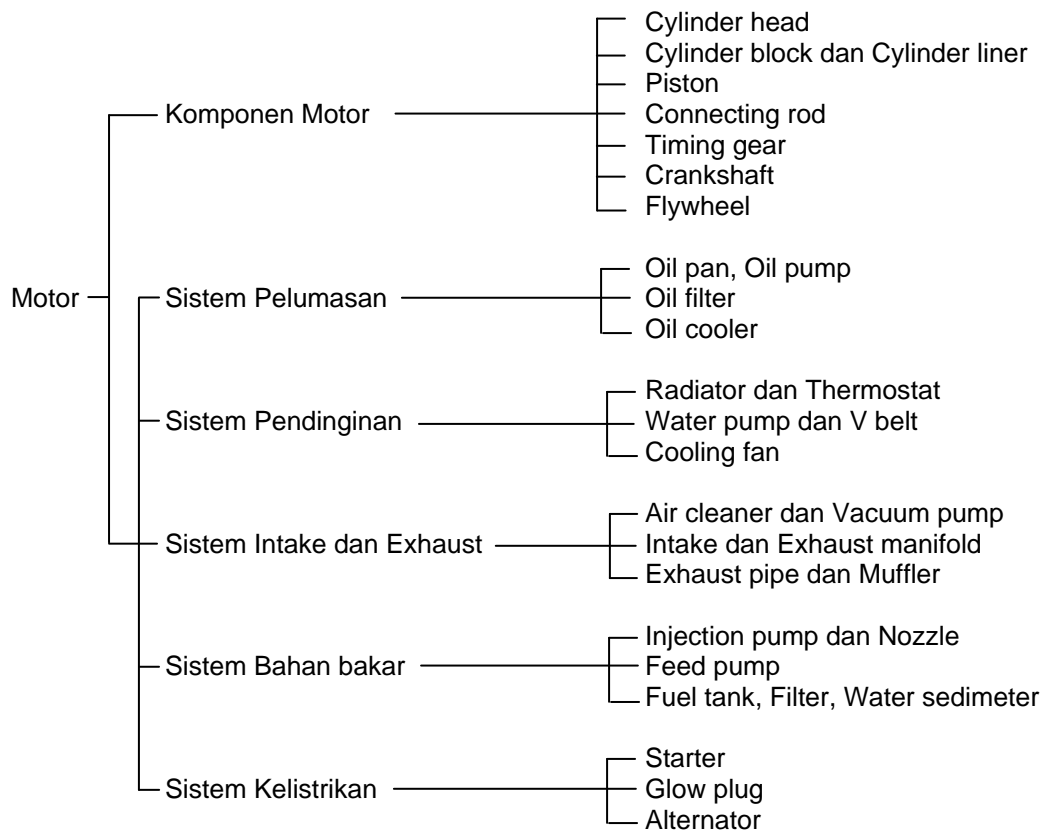
Gambar 9. Tipe Kamar Puser

- Keuntungan :
 1. Kecepatan motor tinggi.
 2. Gangguan pada nozzle (tipe pin) lebih kecil.
 3. Operasi motor lebih halus.
- Kerugian :
 1. Konstruksi cylinder head rumit.
 2. Efisiensi panas rendah.
 3. Menggunakan glow plug.
 4. Detonasi lebih mudah terjadi.

VI. KONSTRUKSI MOTOR DIESEL



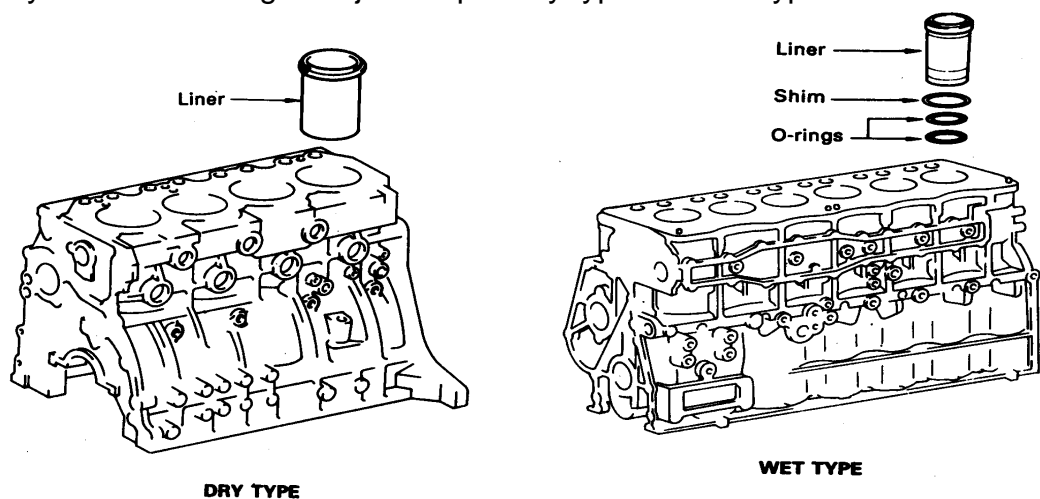
Gambar 10. Penampang Konstruksi Motor



VII. KELENGKAPAN MOTOR DIESEL

① Cylinder Block dan Cylinder Liner

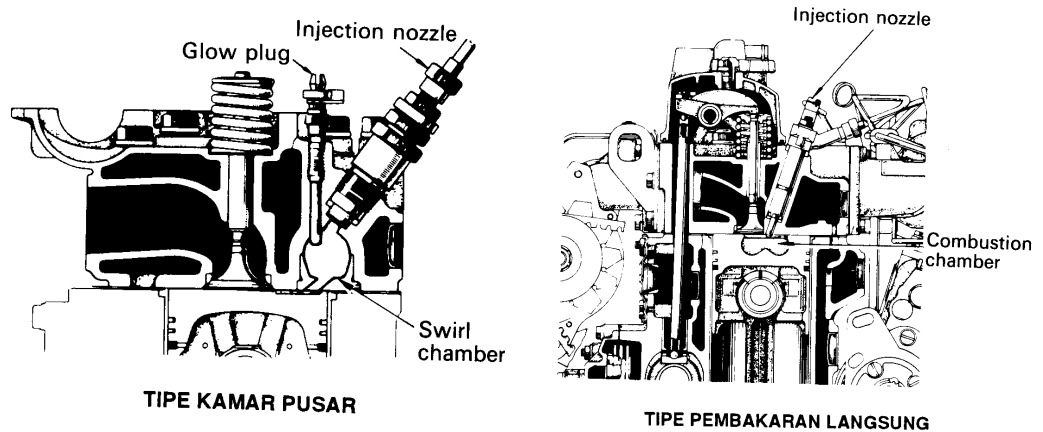
Cylinder block terbuat dari besi tuang dan berfungsi untuk dudukan komponen-komponen motor dan terdapat water jacket untuk tempat aliran air pendingin. Cylinder liner adalah silinder yang dapat dilepas. Cylinder liner dibagi menjadi 2 tipe : dry type dan wet type.



Gambar 11. Cylinder Block Motor

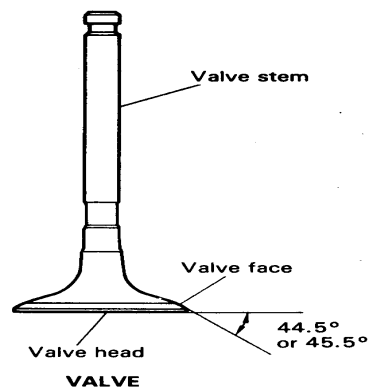
② Cylinder Head

Karena perbandingan kompresinya lebih tinggi, ruang bakar motor diesel lebih kecil dari ruang bakar motor bensin dan konstruksi lebih rumit. Cylinder head terbuat dari besi tuang dan berfungsi sebagaiudukan mekanisme katup, injektor dan glow plug juga sebagai ruang bakar.



Gambar 12. Kepala Silinder

• Katup

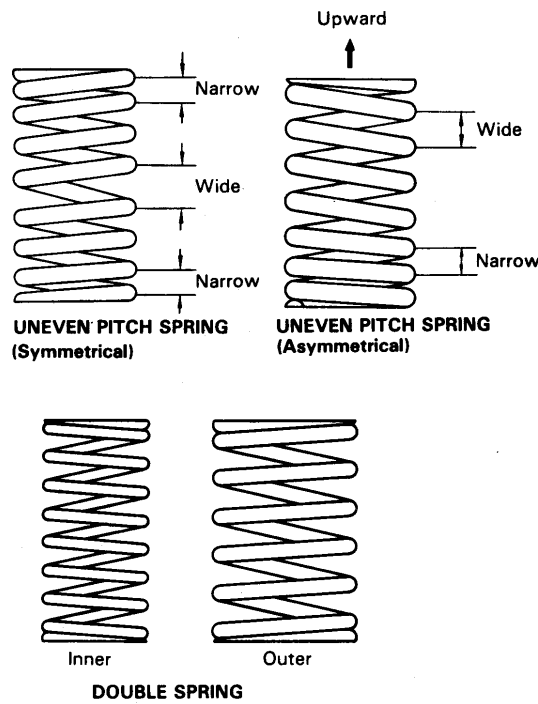


Katup terbuat dari baja khusus (special steel). karena katup berhubungan dengan tekanan dan temperatur tinggi.

Pada umumnya katup masuk lebih besar dari katup buang. Agar katup menutup rapat padaudukannya, maka permukaan sudut katup (valve face angle) dibuat pada $44,5^\circ$ atau $45,5^\circ$.

Gambar 13. Katup

- Pegas Katup



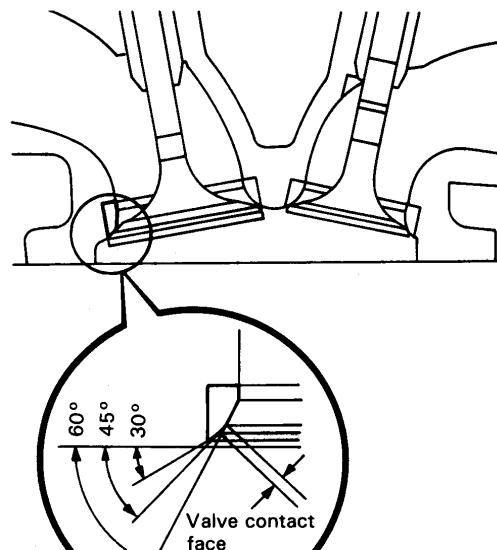
Pegas katup (valve spring) digunakan untuk menutup katup.

Pada umumnya motor menggunakan 1 pegas untuk tiap katupnya, tetapi ada juga yang menggunakan 2 pegas. Penggunaan pegas yang jarak pitchnya berbeda (uneven pitch spring) / pegas ganda (double spring) adalah untuk mencegah katup melayang. Katup melayang adalah gerakan katup yang tidak seirama dengan gerakan cam saat putaran tinggi.

Pegas dengan jarak pitch berbeda tipe asymetrical dipasang dengan bagian yang lebih renggang pada posisi atas.

Gambar 13. Pegas Katup

- Dudukan Katup



Dudukan katup (valve seat) dipa-sang dengan jalan dipres pada kepala silinder. Valve seat berfungsi untuk dudukan katup sekaligus memindahkan panas dari katup ke kepala silinder.

Dudukan katup terbuat dari baja khusus tahan panas dan aus.

Lebar persinggungan katup adalah 1,2 – 1,8 mm.

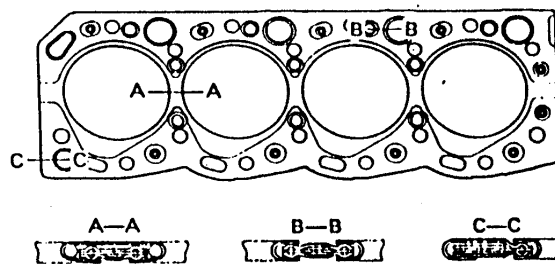
Gambar 14. Dudukan Katup

- Bushing Pengantar Katup dan Oil Seal

Bushing penghantar katup terbuat dari besi tuang dan berfungsi untuk mengarahkan katup agar duduk tepat pada valve seat. Gerakan katup yang tidak lembut atau batang katup yang macet pada bushing penghantar katup disebut katup macet (valve stinking).

Oil seal berfungsi untuk mencegah oli motor masuk ke ruang bakar melalui bushing katup, bila oil seal rusak akan menyebabkan oli masuk ke dalam ruang bakar, akibatnya oli menjadi boros. Biasanya lebih mudah masuk ke ruang bakar melalui katup masuk.

③ Gasket Kepala Silinder



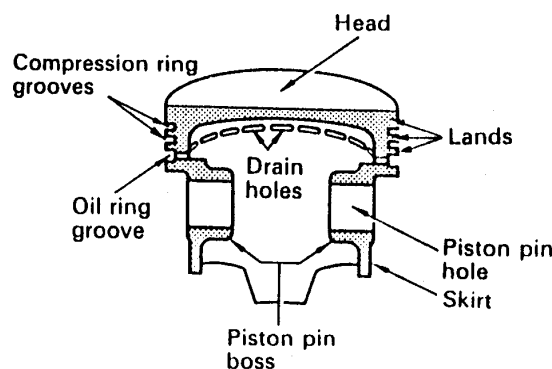
Gasket kepala silinder (cylinder head gasket) letaknya antara blok silinder dan kepala silinder, fungsinya untuk mencegah kebocoran gas pembakaran (kompresi), air pendingin dan oli.

Umumnya gasket terbuat dari gabungan karbon dan lembaran baja (carbon clad sheet steel) atau steel laminated.

Gambar 14. Gasket Kepala Silinder

④ Piston

- Konstruksi



Piston bergerak turun naik di dalam silinder untuk melakukan langkah hisap, kompresi, usaha, dan buang. Fungsi utama dari piston adalah untuk menerima tekanan pembakaran dan meneruskannya ke poros engkol melalui connecting rod.

Piston terbuat dari aluminium alloy (paduan aluminium), karena ringan dan radiasi panas baik.

Gambar 15. Piston/Torak

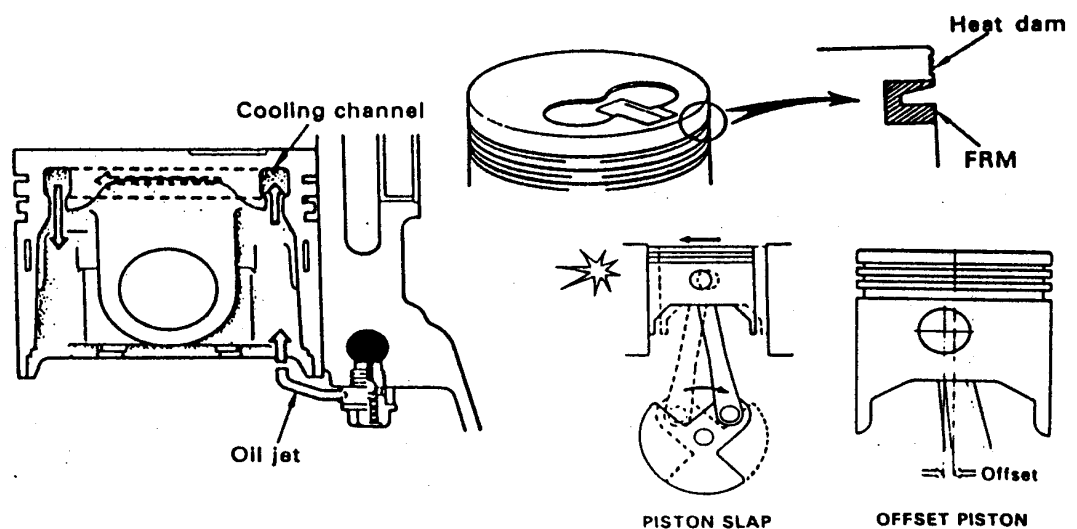
Pada piston motor diesel tipe injeksi langsung terdapat lubang yang berfungsi sebagai ruang bakar.

Pada sebagian piston, pada kepalanya diberi heat dam dan ada juga yang pada ring slot pertama dibuat dari FRM (Fiber Reinforced Metal) yang merupakan perpaduan antara aluminium dan ceramic fiber.

Kedua cara ini bertujuan untuk mencegah perubahan bentuk piston pada groove no. 1 karena panas.

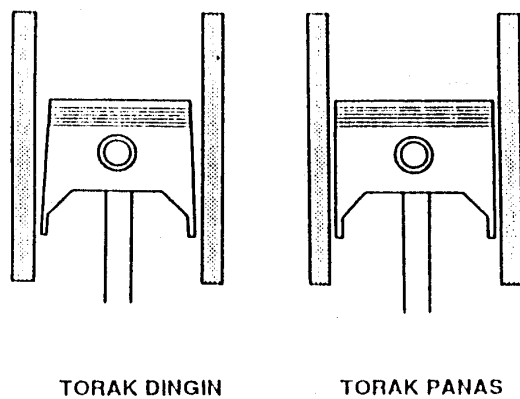
Pada beberapa piston terdapat offset dan cooling channel. Offset berfungsi untuk mencegah keausan ke satu sisi yang berlebihan.

Cooling channel berfungsi untuk mendinginkan piston. Piston slap adalah benturan ke samping akibat tenaga dorong pembakaran.



Gambar 16. Kelengkapan Piston

- Celah Piston (Celah Antara Piston dengan Silinder)



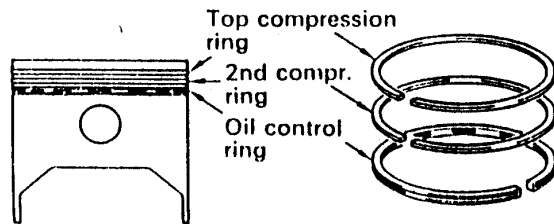
Saat piston menjadi panas akan terjadi sedikit pemuaiannya dan mengakibatkan diameternya bertambah, maka antara silinder dan piston dibuat celah yang disebut piston clearance.

Pada umumnya celah piston antara 0,02 – 0,12 mm.

Bentuk piston saat dingin, diameter atas lebih kecil dari diameter bawah.

Gambar 17. Celah Piston

- Pegas Piston



Pegas piston (piston ring) dipasang dalam ring groove. Ring piston terbuat dari baja special. Pada piston terdapat 3 Buah ring piston.

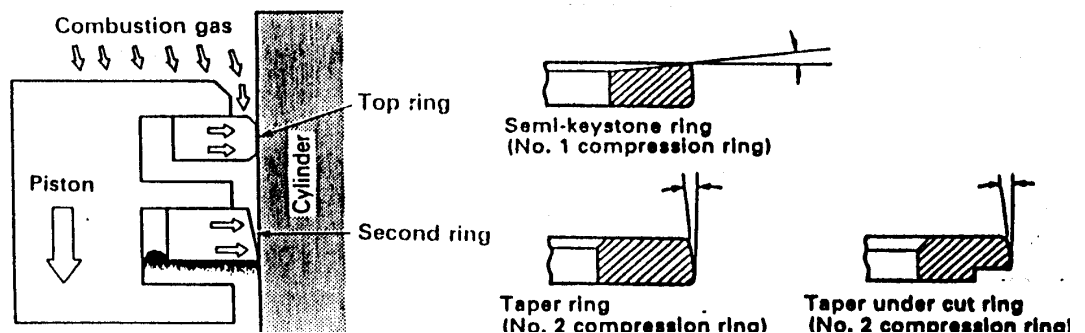
Gambar 17. Pegas Piston

Ring piston berfungsi untuk :

- Mencegah kebocoran selama langkah kompresi dan usaha.
- Mencegah oli yang melumasi piston dan silinder masuk ke ruang bakar.
- Memindahkan panas dari piston ke dinding silinder.

1. Pegas Kompresi

Pada setiap piston terdapat 2 pegas kompresi. Pegas kompresi ini disebut top compression ring dan second compression ring.

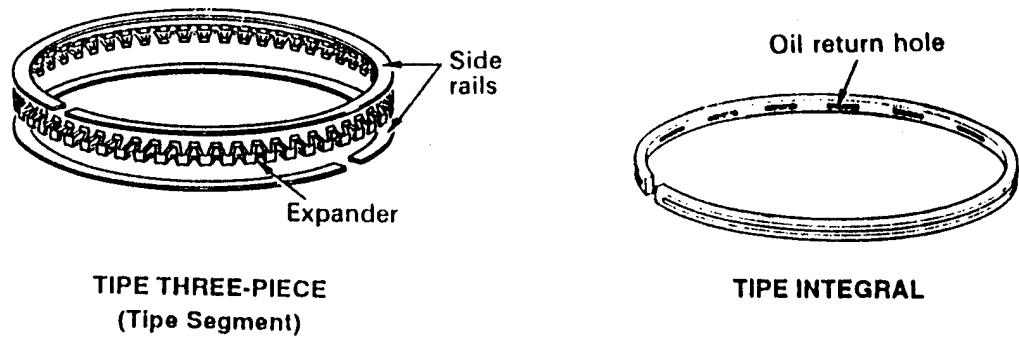


Gambar 18. Posisi Pegas Kompresi

2. Pegas Pengontrol Oli

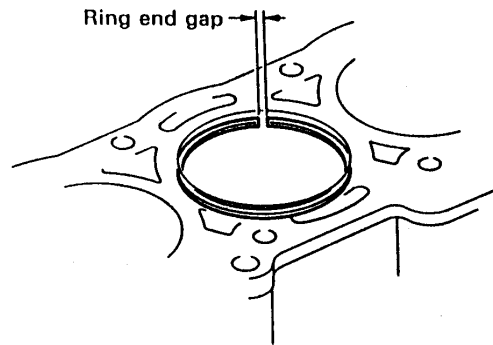
Pegas pengontrol oli (oil control ring) diperlukan untuk membentuk lapisan oli tipis (oil film) antara piston dan dinding silinder.

Pegas oli ini disebut third ring. Ada dua tipe pegas, integral dan segment.



Gambar 19. Tipe Pegas

3. Celah Ujung Pegas

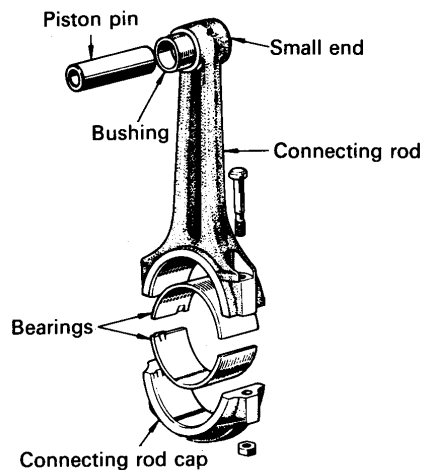


Pegas piston akan mengembang bila dipanaskan. Dengan alasan ini pada ujung ring piston harus terdapat celah yang disebut ring end gap.

Besarnya celah pada umumnya adalah 0,2 – 0,5 mm pada temperatur ruangan, dan diukur pada 10 mm dan 120 mm dari atas silinder.

Gambar 20. Celah Pegas

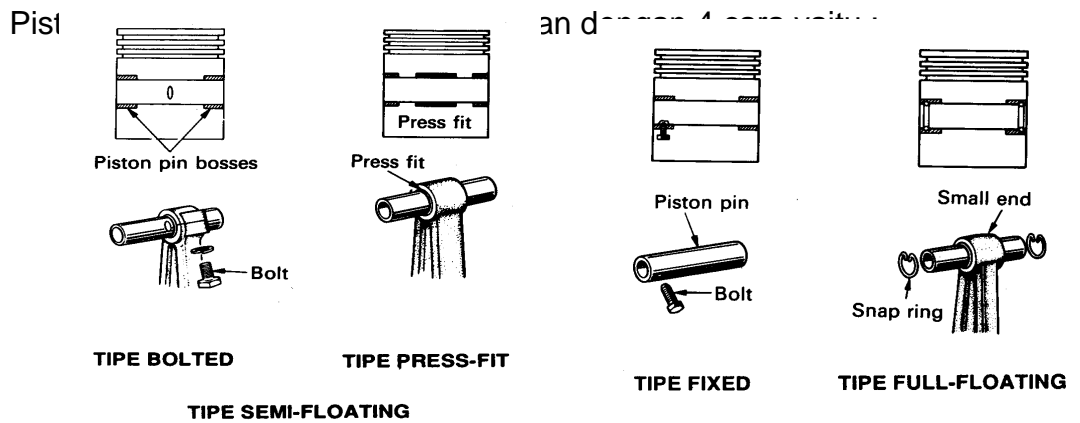
- Pena Piston



Pena piston (piston pin) menghubungkan piston dengan bagian ujung yang kecil dari connecting rod. Dan meneruskan tekanan pembakaran yang berlaku pada torak ke connecting rod.

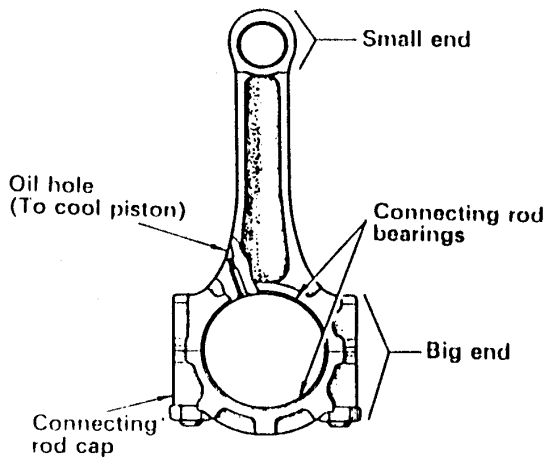
Pena piston berlubang di dalamnya untuk mengurangi berat yang berlebihan dan kedua ujung ditahan oleh bushing pena torak (piston pin boss).

Gambar 21. Pena Piston



Gambar 22. Tipe Pena Piston

⑤ Batang Piston



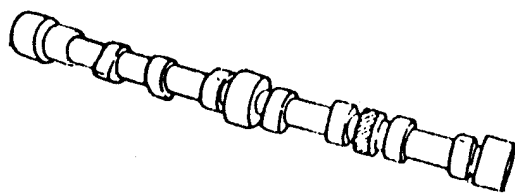
Gambar 22. Batang Piston

Batang piston (connecting rod) berfungsi untuk meneruskan tenaga yang dihasilkan oleh piston ke crank shaft.

Bagian ujung connecting rod yang berhubungan dengan piston pin disebut small end, dan yang berhubungan dengan poros engkol adalah big end.

Pada connecting rod terdapat oil hole yang berfungsi untuk memercikkan oli untuk melumasi piston.

⑥ Poros Nok



Poros nok berfungsi untuk menggerakkan mekanisme katup dan pompa oli.

Untuk motor bensin ditambah menggerakkan pompa bahan bakar dan distributor.

Gambar 23. Poros Nok/Kam

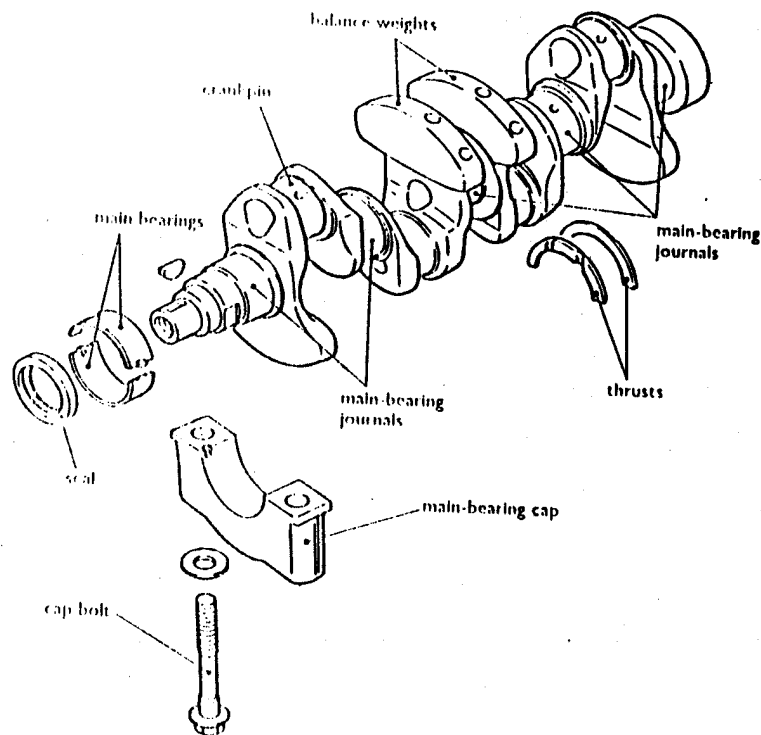
⑦ Poros Engkol dan Bantalan Poros Engkol

Poros engkol (crankshaft) terbuat dari baja carbon dan berfungsi untuk merubah gerak naik turun piston menjadi gerak putar.

Bantalan poros engkol terbuat dari logam putih (baja + timah, timah hitam dan seng), logam kelmet (baja + tembaga dan timah hitam), logam alumunium (baja + alumunium dan timah).

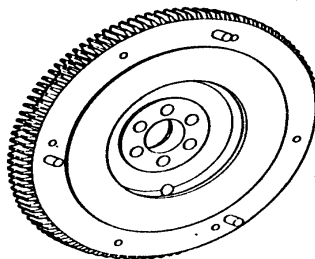
Pada bantalan terdapat locking lip yang berfungsi untuk mencegah bantalan ikut berputar.

Thrust washer berfungsi untuk mencegah gerak aksial (maju mundur) yang berlebihan.



Gambar 24. Poros Engkol dan Kelengkapannya

⑧ Roda Penerus

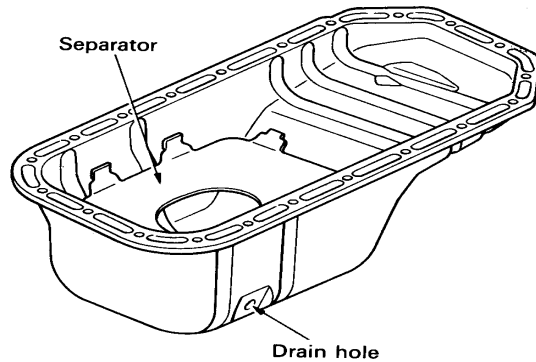


Roda penerus (flywheel) terbuat dari baja tuang dan berfungsi untuk menyimpan tenaga putar motor.

Flywheel dilengkapi dengan ring gear yang berfungsi untuk perkaitan dengan gigi pinion motor starter.

Gambar 25. Roda Penerus

⑨ Bak Oli (Oil Pan)

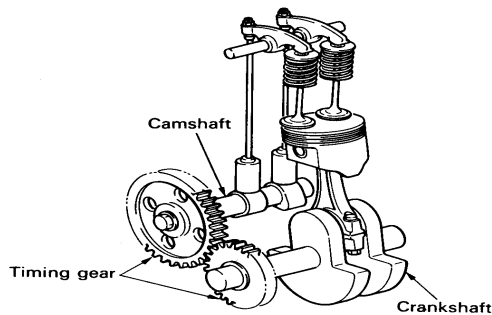


Oil pan terbuat dari baja dan dilengkapi separator untuk menjaga agar permukaan oli tetap rata ketika kendaraan dalam posisi miring. Penyumbat oli (drain plug) letaknya di bagian bawah oil pan yang berfungsi untuk mengeluarkan oli motor bekas.

Gambar 26. Panci Pelumas

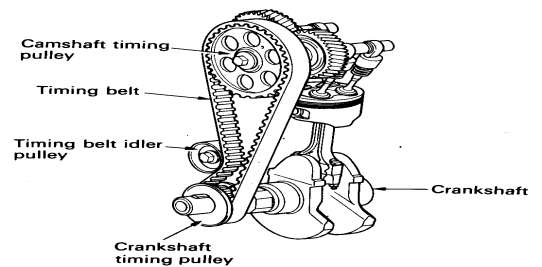
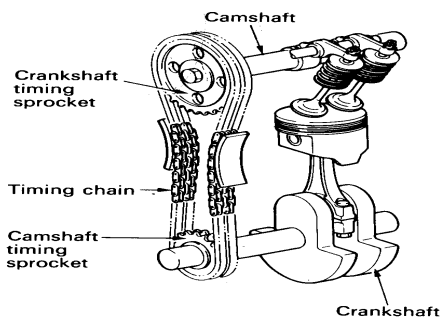
⑩ Mekanisme Katup

- Metoda Menggerakkan Katup



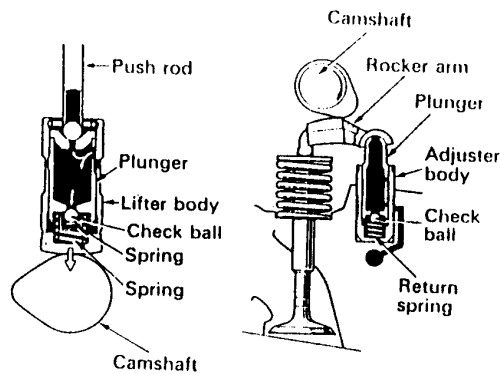
Camshaft digerakkan oleh crank-shaft dengan 3 cara :

1. Timing gear.
2. Timing chain.
3. Timing belt.



Gambar 27. Katup dan Kelengkapannya

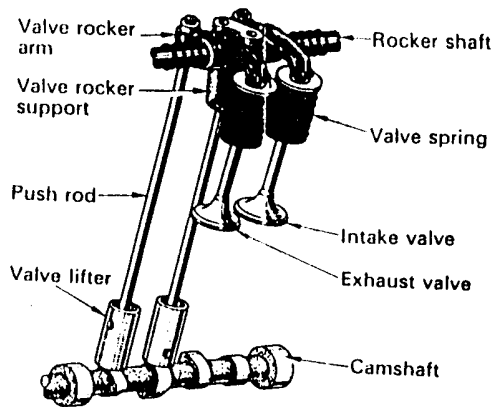
- Pengangkat Katup (Tappet valve)



Pengangkat katup (valve lifter) berfungsi untuk meneruskan gerakan camshaft ke push rod.

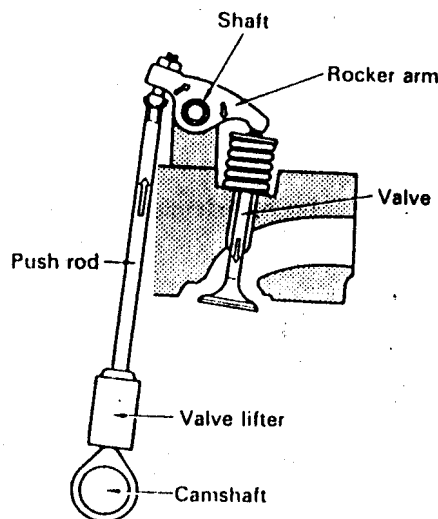
Pada motor yang menggunakan lifter konvensional celah katupnya harus distel, tetapi ada mesin yang menggunakan hydraulic lifter tidak perlu melakukan penyetelan celah katup karena celahnya selalu 0 mm.

- Batang Penekan (Push rod)



Batang penekan (push rod) berfungsi untuk meneruskan gerakan lifter ke rocker arm.

- Rocker Arm dan Shaft



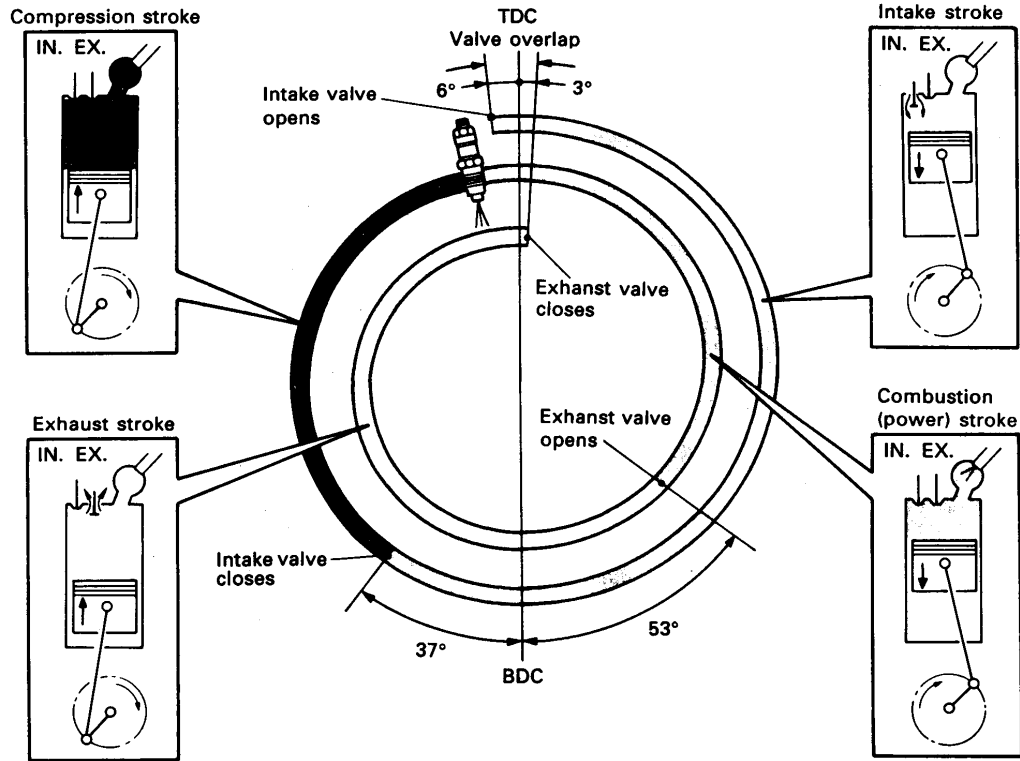
Rocker arm berfungsi untuk menekan katup saat tertekan ke atas oleh push rod.

Rocker arm dilengkapi skrup dan mur pengunci untuk penyetelan celah katup.

Pada motor yang menggunakan lifter hidraulis tidak dilengkapi skrup dan mur pengunci.

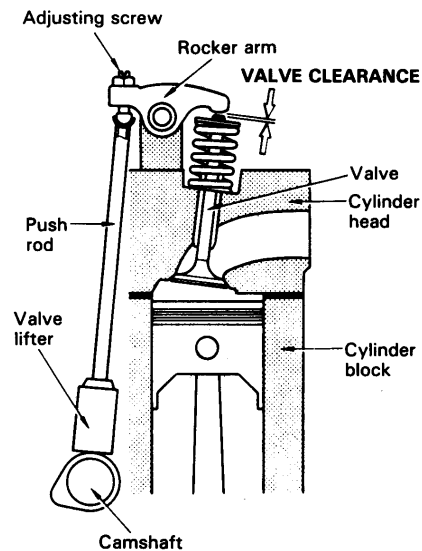
- Valve Timing Diagram

Valve timing diagram adalah diagram waktu kerja katup.
Valve timing diagram dipengaruhi oleh bentuk cam dan celah katup.



VALVE TIMING DIAGRAM

- Celah Katup



Celah katup adalah celah yang terdapat pada mekanisme katup (dari camshaft sampai katup).

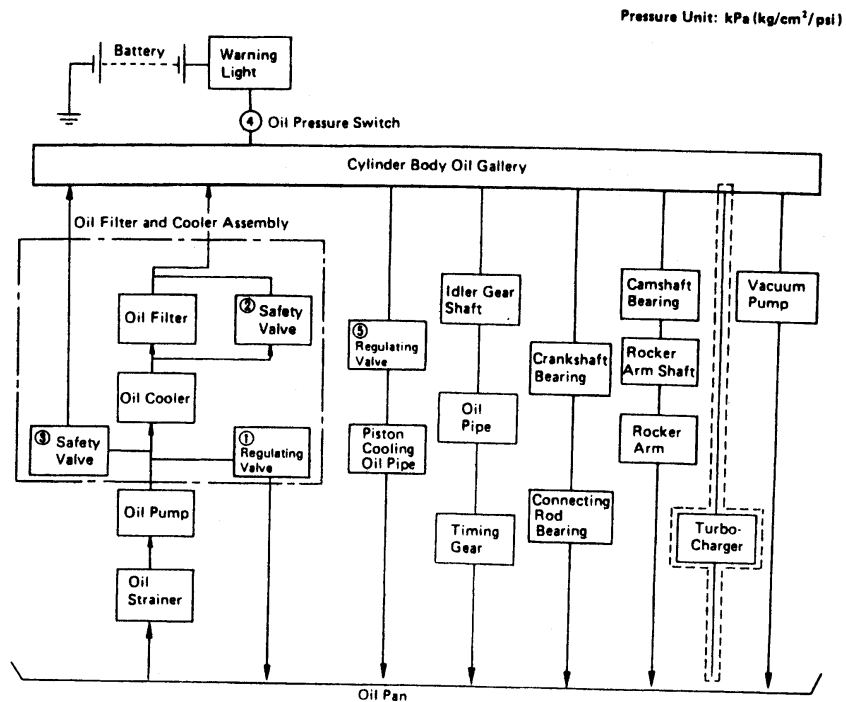
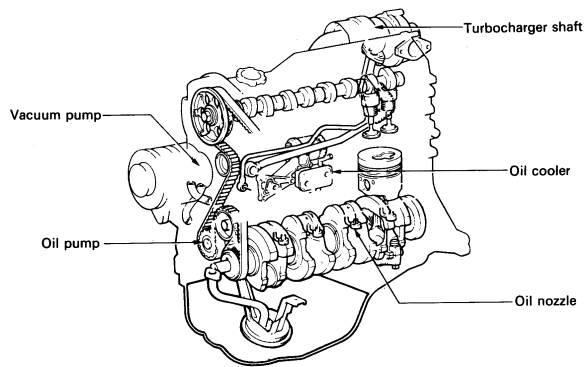
Apabila tidak terdapat celah katup akan menyebabkan saat motor panas, pada mekanisme katup terjadi pemuaian yang menyebabkan katup tidak menutup rapat.

VIII. SISTEM PELUMASAN

Sistem pelumasan berfungsi untuk :

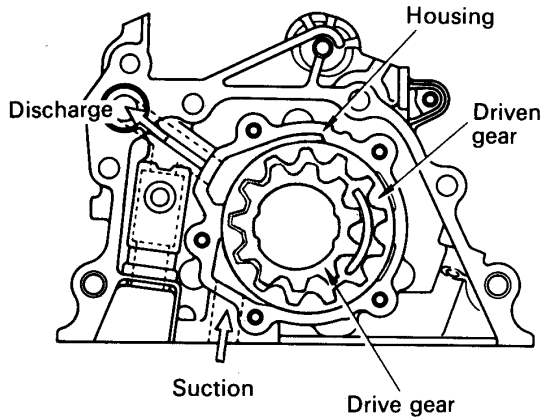
- Membentuk oil film untuk mengurangi gesekan, aus dan panas.
- Mendinginkan bagian-bagian yang dilewati.
- Sebagai seal antara piston dengan dinding silinder.
- Mengeluarkan kotoran dari bagian-bagian motor.
- Mencegah karat pada bagian-bagian motor.

Sistem pelumasan terbagi menjadi 3 macam, yaitu : tekanan penuh (fully-pressurized method), sistem percikan dan sistem kombinasi.



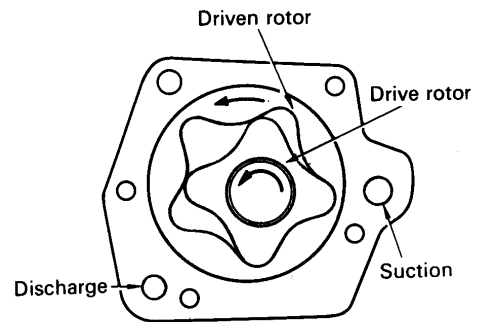
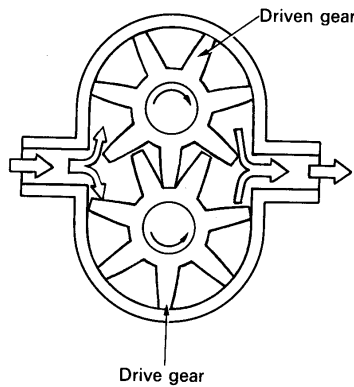
- ① Oil filter regulating valve terbuka pada tekanan : 558.6-617.4 (5.7-6.3/82.5-89.5)
- ② Oil filter safety valve terbuka pada tekanan : 78.9-117.6 (0.8-1.2/11.38-17.07)
- ③ Oil cooler safety valve terbuka pada tekanan : 225.4-264.6 (2.3-2.7/32.7-38.4)
- ④ Switch tekanan oli terbuka pada tekanan : 19.6-49.0 (0.2-0.5/2.8-7.1)
- ⑤ Engine regulating valve terbuka pada tekanan : 225.4-264.6 (2.3-2.7/32.7-38.4)

① Pompa Oli



Pompa oli berfungsi untuk meng-hisap oli dari oil pan kemudian menekannya ke bagian-bagian motor. Macam-macam pompa oli :

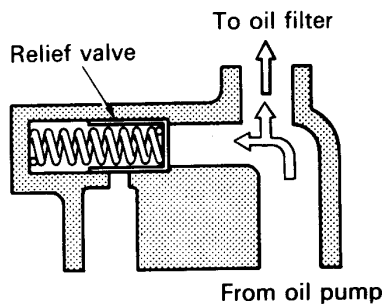
1. Internal gear.
2. Trochoid.
3. External gear.



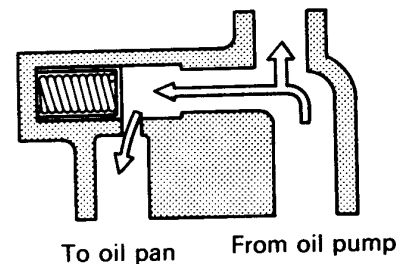
② Sistem Pengatur Tekanan Oli

Ketika pompa oli digerakkan oleh motor maka tekanan oli akan naik, pada kecepatan tinggi tekanan oli akan berlebihan dan hal ini dapat menyebabkan kebocoran pada seal-seal oli.

Untuk mencegah hal ini diperlukan semacam pengatur yang menjaga tekanan oli agar tetap konstan tanpa terpengaruh putaran motor. Komponen yang melakukan hal ini adalah relief valve.



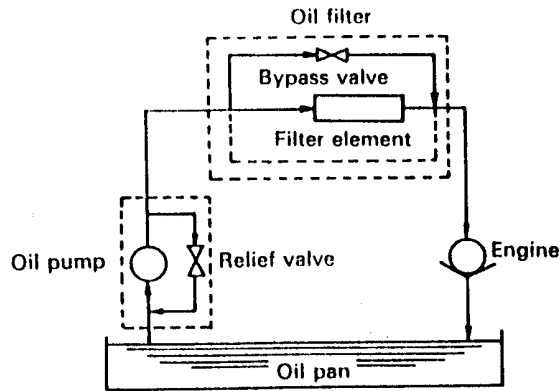
SAAT KECEPATAN MESIN RENDAH



SAAT KECEPATAN MESIN TINGGI

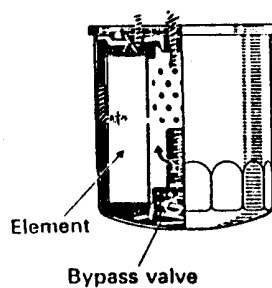
③ Saringan Oli

Oli motor berangsur-angsur menjadi kotor bercampur dengan logam-logam, carbon, endapan lumpur dan lain-lain. Bila bagian-bagian yang bergerak dilumasi oleh oli yang kotor akibatnya terjadi keausan. Untuk mencegah hal ini, maka dipasang oil filter pada sistem pelumasan yang berfungsi untuk memisahkan kotoran-kotoran dari oli. Pada oil filter dipasang by pass valve yang berfungsi sebagai saluran alternatif saat oil filter tersumbat.

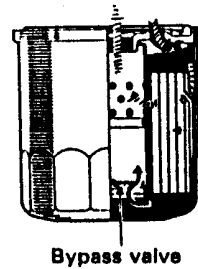


SIRKUIT PELUMASAN



OHP 37



ELEMEN TIPE KONVENSIONAL



ELEMEN TIPE KRISTAL

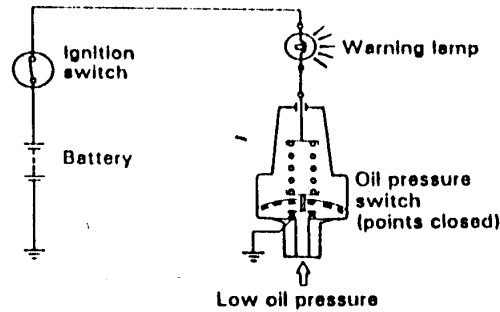
 Ordinary oil flow
 Oil flow when by-pass valve is open

④ Lampu Tanda Tekanan Oli

Lampu tanda tekanan oli (oil pressure warning lamp) berfungsi untuk memberi peringatan ke pengemudi bahwa sistem pelumasan tidak normal

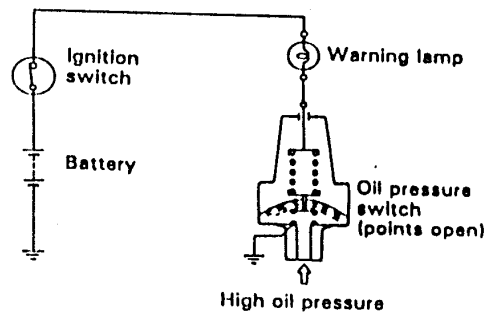
Dan dipasang pada blok silinder untuk mendeteksi tekanan pada oil gallery.

- Tekanan Oli Rendah



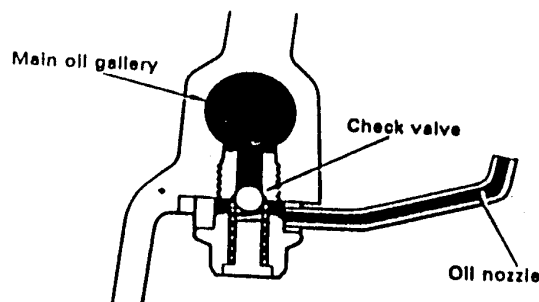
Saat motor mati atau tekanan oli rendah titik kontak di dalam switch tekanan oli menutup sehingga lampu peringatan hidup (menyala).

- Tekanan Oli Tinggi



Saat motor hidup dan tekanan oli naik, maka tekanan oli ini mendorong diapragm sehingga titik kontak membuka dan lampu peringatan mati.

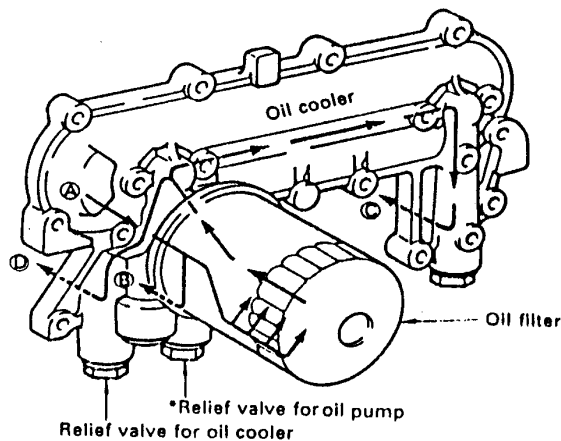
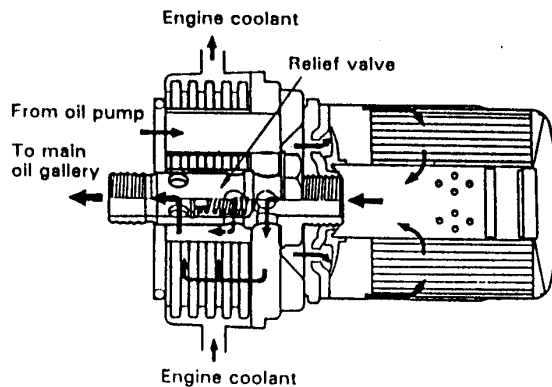
⑤ Nosel Oli



Nosel oli (oil nozzle) berfungsi untuk mendinginkan bagian da-lam piston.

Pada oil nozzle terdapat check valve yang berfungsi untuk mencegah tekanan oli dalam sirkuit pelumasan turun terlalu rendah ($1,4 \text{ kg/cm}^2$).

⑥ Pendingin Oli



Pendingin oli (oil cooler) yang digunakan pada motor diesel adalah tipe pendingin air. Oil cooler berfungsi untuk mendinginkan oli agar kekentalannya tetap.

IX. SISTEM PENDINGINAN

① Uraian

Sistem pendinginan berfungsi untuk mendinginkan motor dan mencegah panas yang berlebihan.

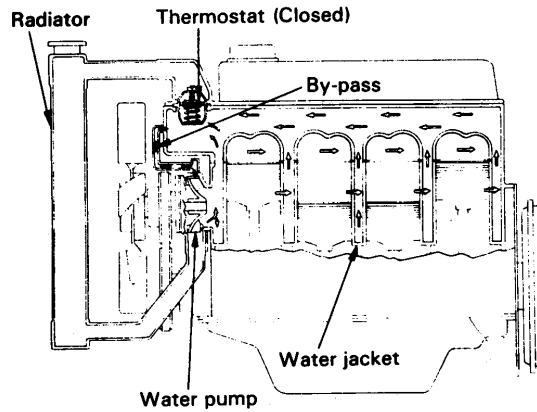
Umumnya motor didinginkan oleh sistem pendinginan air dan udara.

Motor mobil banyak menggunakan sistem pendinginan air.

Sistem pendingin air mempunyai kerugian konstruksi rumit dan biaya mahal dan mempunyai keuntungan lebih aman dan berfungsi sebagai peredam bunyi juga dapat digunakan sebagai sumber panas untuk heater (pemanas ruangan) Sistem pendinginan air dilengkapi oleh water jacket, pompa air (water pump), radiator, thermostat, kipas (fan), slang karet (hose), fan clutch dan lain-lain.

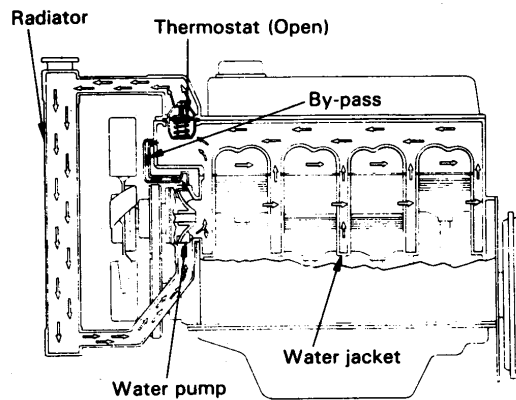
② Cara Kerja

• Motor Dingin



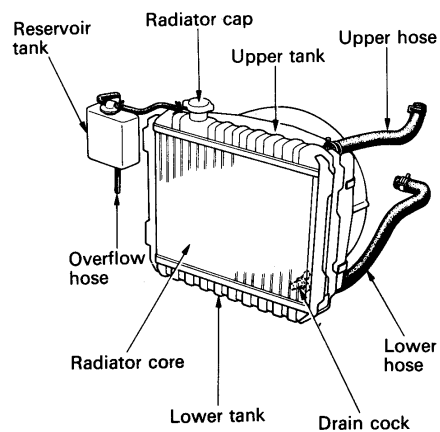
Ketika motor dalam keadaan dingin, air pendingin juga masih dingin dan termostat masih tertutup, sehingga aliran air pendingin adalah water pump ke water jacket ke by pass hose kembali ke water pump.

• Motor Panas



Setelah motor menjadi panas, thermostat terbuka sehingga aliran air pendingin adalah radiator ke lower hose ke water pump ke water jacket ke upper hose kembali ke radiator.

③ Radiator



Radiator berfungsi untuk mendinginkan cairan pendingin yang telah menjadi panas.

④ Inti Radiator

Inti radiator (radiator core) terdiri dari pipa-pipa (tube) dimana cairan pendingin melaluinya dari upper ke lower tank, dan juga dilengkapi dengan sirip-sirip pendingin (fin).

Panas cairan pendingin pertama di serap oleh fin, yang didinginkan oleh fan dan udara akibat gerakan kendaraan.

Ada 3 tipe radiator core : plate fin, corrugated fin, single row.

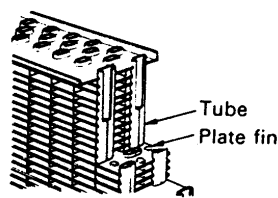
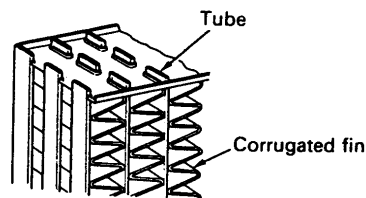
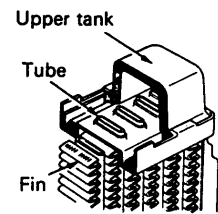


PLATE FIN TYPE



CORRUGATED FIN TYPE



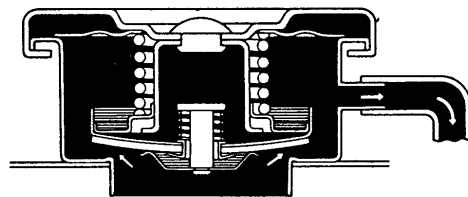
SR RADIATOR

⑤ Tutup Radiator

Tutup radiator berfungsi untuk menjaga kuantitas dalam radiator yang sesuai.

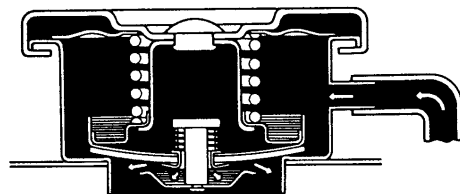
Pada tutup radiator terdapat relief valve dan vacuum valve.

- Cara kerja relief valve



Bila suhu air pendingin naik akan menyebabkan tekanan akan bertambah, bila tekanannya mencapai $0,3 - 1,0 \text{ kg/cm}^2$ pada $110 - 120^\circ\text{C}$. Relief valve akan terbuka dan membebaskan kelebihan tekanan melalui overflow pipe.

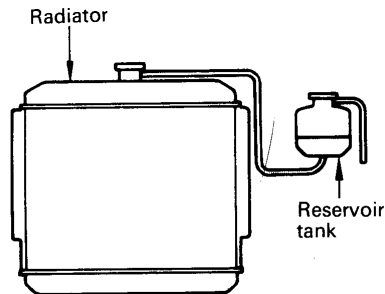
- Cara kerja vacuum valve



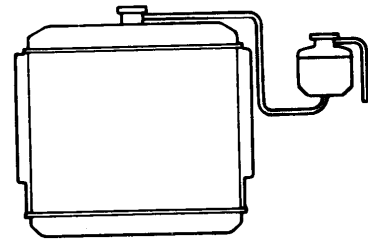
Saat suhu air pendingin turun setelah motor berhenti dan membentuk kevakuman dalam radiator yang akan membuka vacuum valve menghisap air pendingin dari reservoir.

⑥ Tangki Cadangan (Reservoir Tank)

Reservoir dihubungkan ke radiator melalui overflow pipe. Reservoir berfungsi untuk mencegah terbuangnya air pendingin dan menjamin agar tetap dapat mengirimkan cairan pendingin.

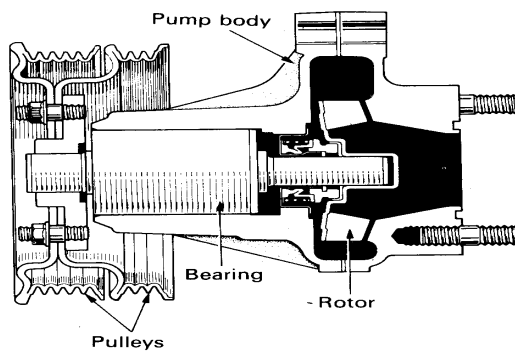


AIR PENDINGIN DALAM KEADAAN DINGIN



AIR PENDINGIN DALAM KEADAAN PANAS

⑦ Pompa Air

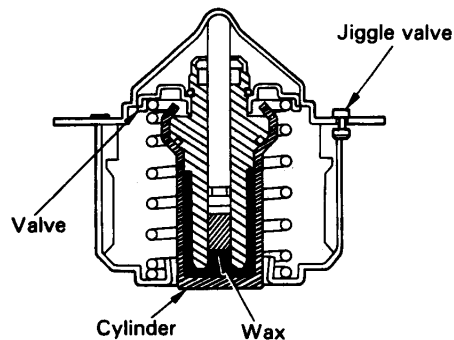


Pompa air berfungsi untuk memompakan cairan pendingin dari radiator ke water jacket.

Umumnya yang banyak digunakan adalah tipe sentrifugal.

Pompa air digerakkan oleh tali kipas atau timing belt.

⑧ Thermostat



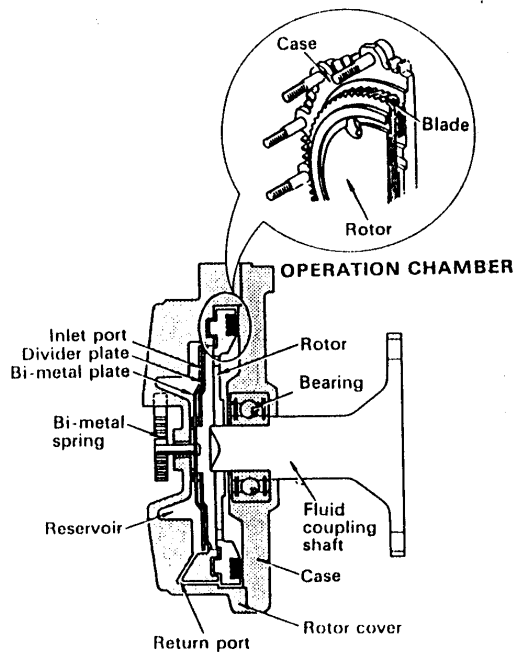
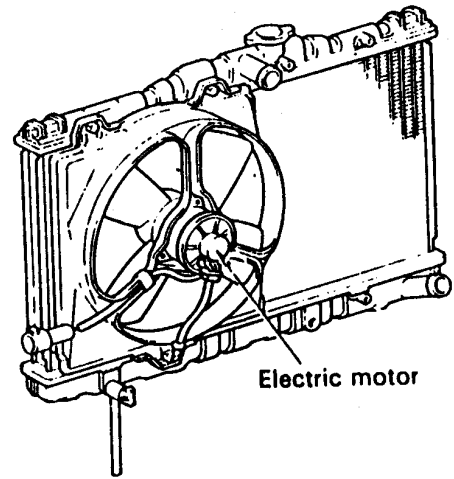
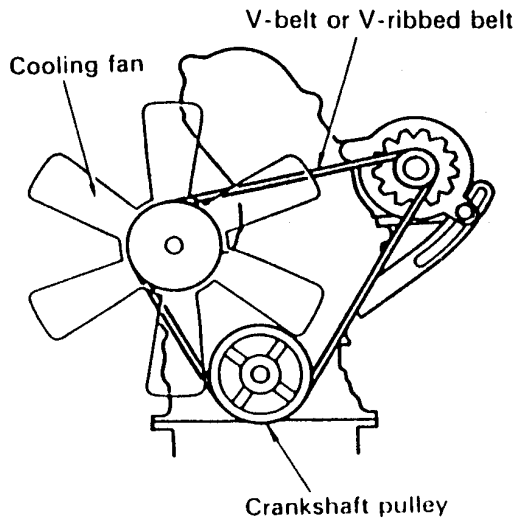
Thermostat berfungsi untuk mempercepat tercapainya suhu kerja motor.

Tipe thermostat yang umum digunakan adalah tipe wax (lilin).

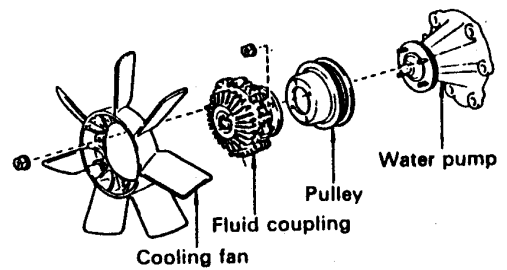
Pada thermostat terdapat jiggle valve yang berfungsi untuk mempermudah masuknya air saat pengisian.

⑨ Kipas Pendingin dan Kopling Fluida

Radiator didinginkan oleh udara luar, tetapi pendinginannya tidak cukup apabila kendaraan berhenti. Untuk itulah diperlukan kipas (fan) yang akan menambah pendinginan. Kipas pendingin digerakkan oleh tali kipas atau motor listrik.



Kopling fluida berfungsi untuk mendinginkan radiator dengan lebih efisien. Saat temperatur udara rendah, kecepatan kipas rendah sehingga motor menjadi panas dan saat temperatur tinggi, otomatis putaran kipas menjadi cepat.



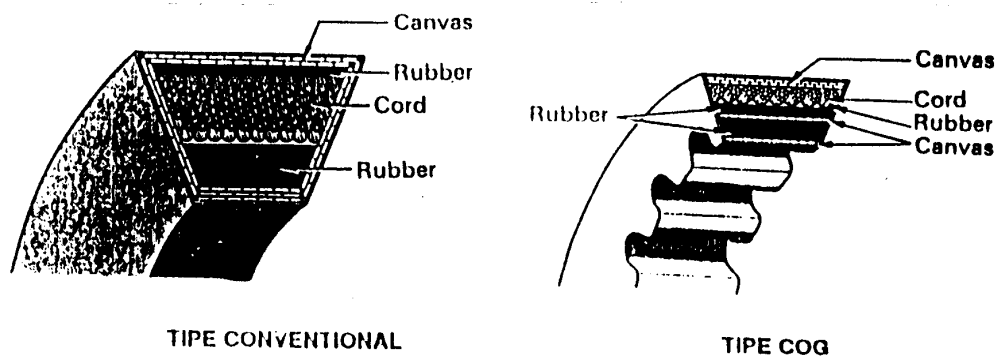
⑩ Tali Kipas

Kipas pendingin umumnya digerakkan oleh tali kipas. Tali kipas terbagi menjadi V-belt dan V ribbed belt.

- V Belt

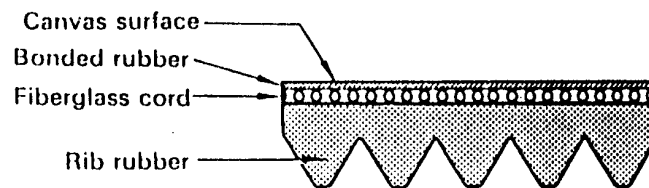
Disebut V belt karena berbentuk V untuk menambah efisiensi pemindahan tenaga.

V belt terdapat 2 macam tipe conventional dan tipe cog.



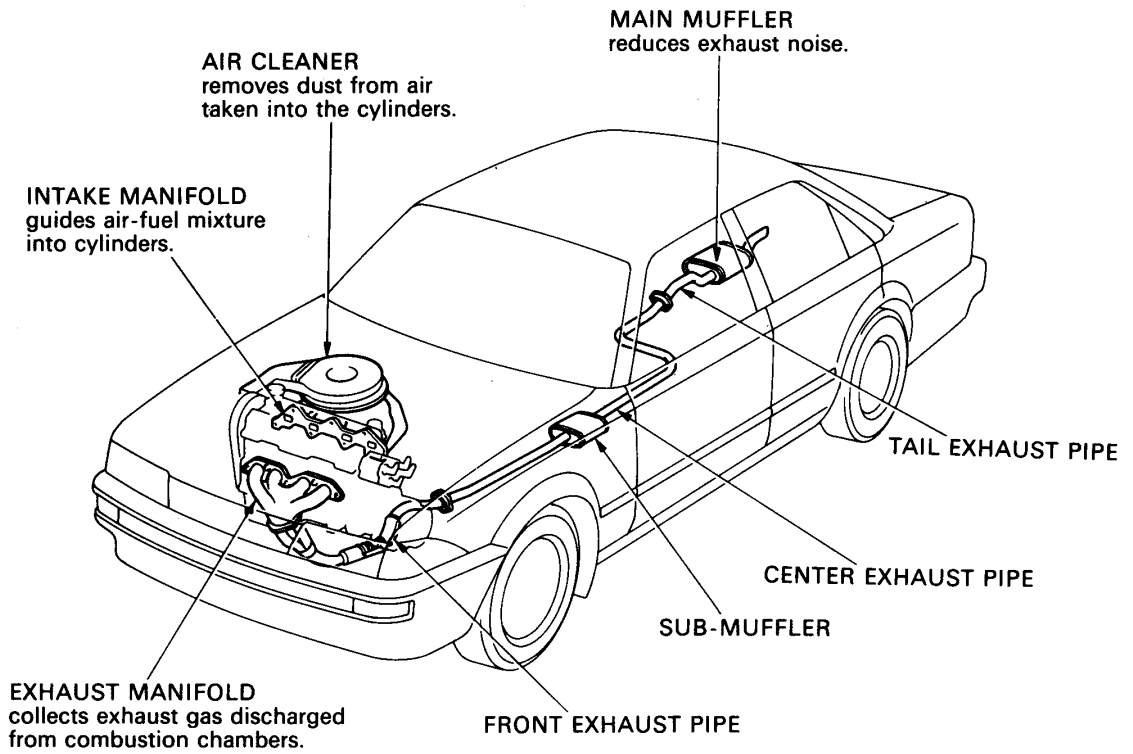
- V Ribbed Belt

V ribbed belt mempunyai keuntungan mempunyai efisiensi pemindahan tenaga yang besar dan panas yang tinggi, tahan lama.

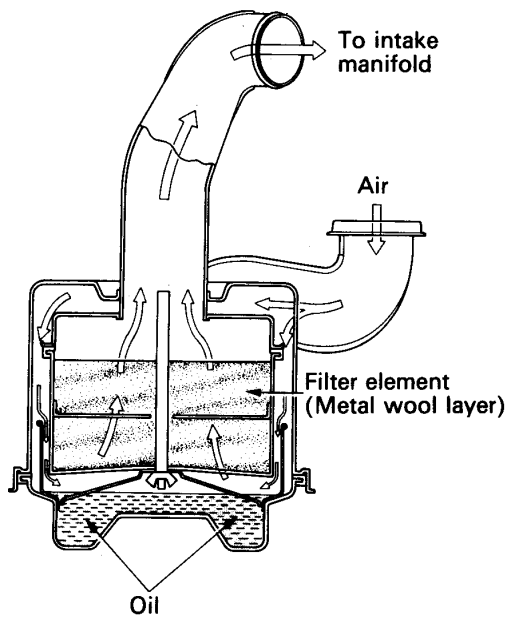


X. SISTEM PEMASUKAN DAN PEMBUANGAN

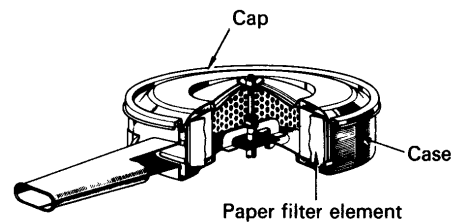
Sistem pemasukan (intake system) terdiri dari saringan udara (air celaner) dan intake manifold, sistem pembuangan terdiri dari exhaust manifold, exhaust pipe dan muffler.



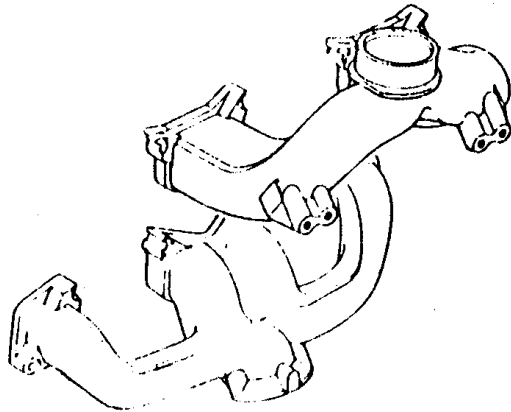
① Saringan Udara



Saringan udara terbuat dari kertas atau kain dan berfungsi untuk membersihkan udara yang masuk ke silinder. Saringan udara tipe oil bath terdiri dari baja wol dan oli motor



② Manifold

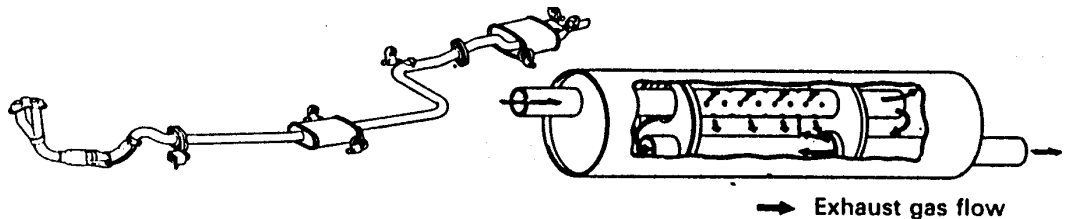


Intake manifold terbuat dari paduan aluminium yang dapat memindahkan panas lebih efektif dan berfungsi sebagai tempat pemasukan udara yang akan ke silinder. Exhaust manifold berfungsi untuk menampung gas bekas dari semua silinder untuk dialirkan ke exhaust pipe.

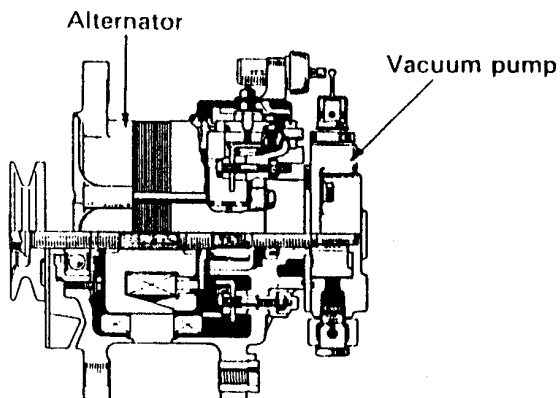
③ Pipa Buang dan Muffler

Pipa buang (exhaust pipe) adalah pipa baja yang mengalirkan gas bekas dari exhaust manifold ke udara bebas.

Muffler berfungsi untuk mendinginkan gas buang ($600 - 800^{\circ}\text{C}$) agar saat dilepas ke udara luar tidak akan meledak.



④ Pompa Vakum



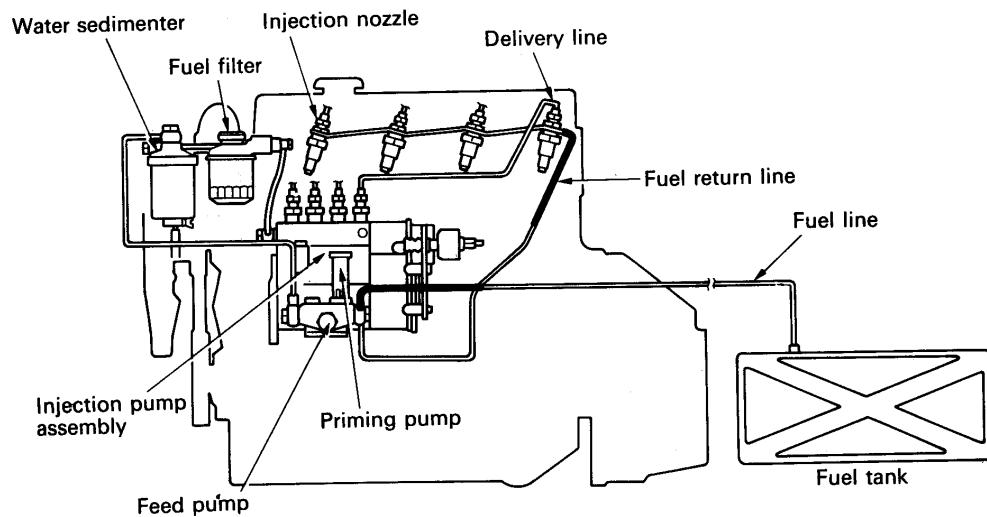
intake manifold motor diesel mempunyai kevakuman yang lebih rendah dibanding motor bensin, oleh karena itu dibutuhkan pompa vakum yang berfungsi untuk menghasilkan kevakuman untuk booster rem.

XI. SISTEM BAHAN BAKAR

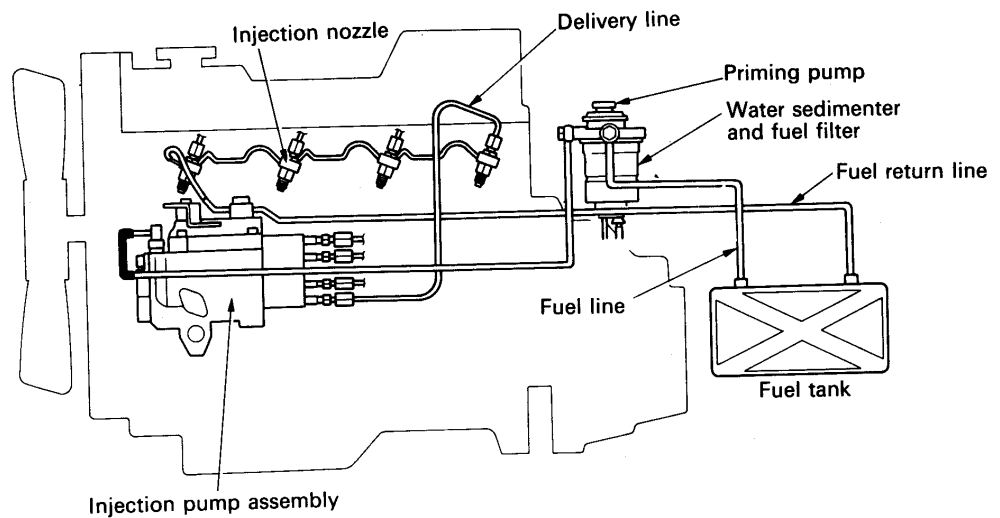
① Uraian

Pada sistem bahan bakar motor diesel, feed pump menghisap solar dari tangki bahan bakar. Bahan bakar disaring oleh fuel filter dan kandungan air dalam bahan bakar dipisahkan oleh water sedimenter sebelum dialirkan ke pompa injeksi.

Ada 2 tipe pompa injeksi : in-line dan distributor.



ALIRAN BAHAN BAKAR POMPA INJEKSI TIPE IN-LINE

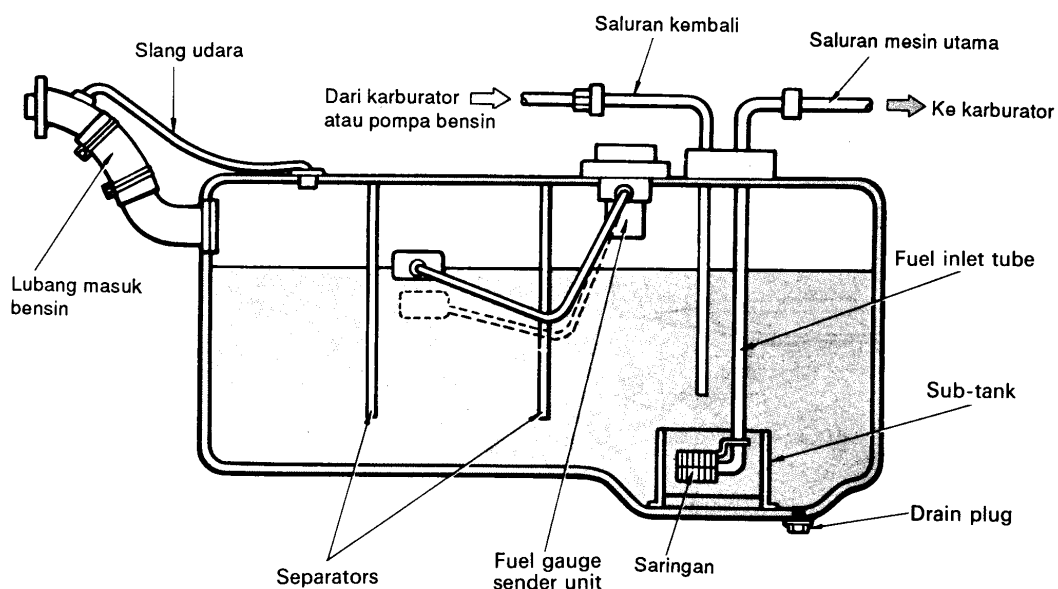


ALIRAN BAHAN BAKAR POMPA INJEKSI TIPE DISTRIBUTOR

② Tangki Bahan Bakar

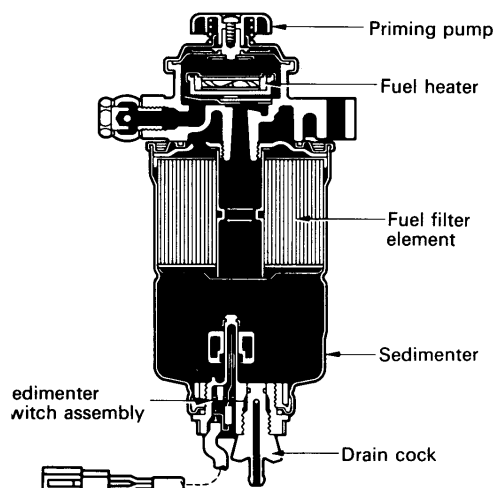
Tangki bahan bakar (fuel tank) terbuat dari plat baja tipis yang bagian dalamnya dilapisi anti karat. Dalam fuel tank terdapat fuel sender gauge yang berfungsi untuk menunjukkan jumlah bensin yang ada dalam tangki dan juga separator yang berfungsi sebagai damper bila kendaraan berjalan atau berhenti secara tiba-tiba atau bila berjalan di jalan yang tidak rata.

Fuel inlet ditempatkan 2 – 3 mm dari bagian dasar tangki, ini dimaksudkan untuk mencegah ikut terhisapnya kotoran dan air.



③ Saringan Bahan Bakar dan Water Sedimenter

- Untuk Pompa Injeksi Tipe Distributor



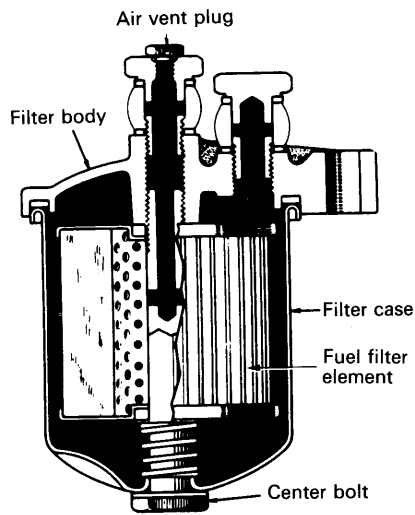
Water sedimenter berfungsi untuk memisahkan solar dari kandungan air.

Bila air mencapai tinggi tertentu maka magnet yang ada pada pelampung akan menutup reed switch dan menyalakan lampu indikator.

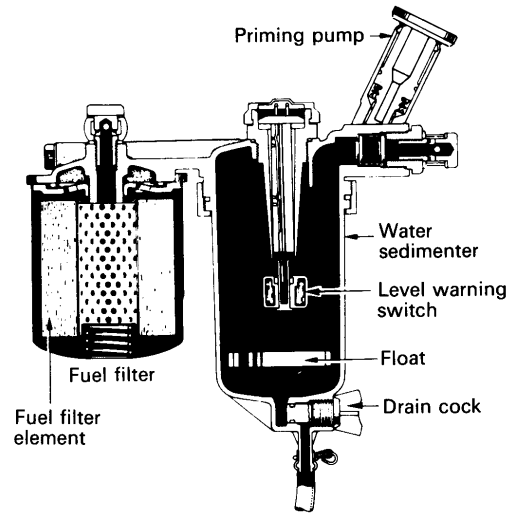
- Untuk Pompa Injeksi Tipe In-Line

Fuel filter terbuat dari kertas dan pada bagian atas terdapat air vent plug yang digunakan untuk mengeluarkan udara (bleeding).

Priming pump pada pompa injeksi terletak pada feed pump dan dipasangkan pada bodi pompa injeksi.

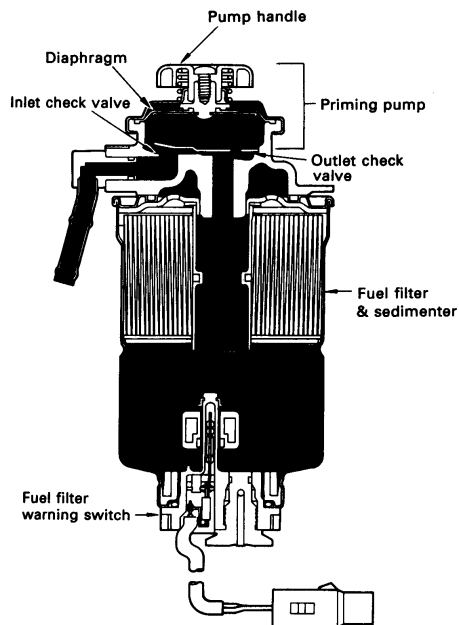


SARINGAN BAHAN BAKAR



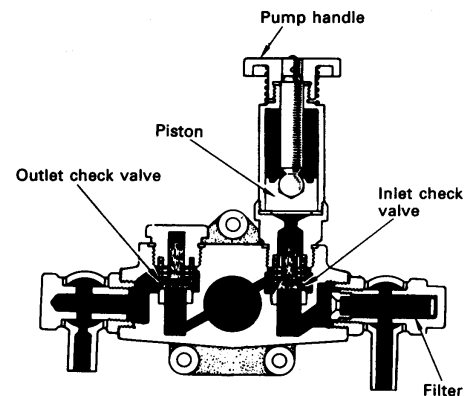
SARINGAN BAHAN BAKAR SEDIMENTER

④ Pompa Priming (Priming Pump)



PRIMING PUMP
(FOR DISTRIBUTOR TYPE INJECTION PUMP)

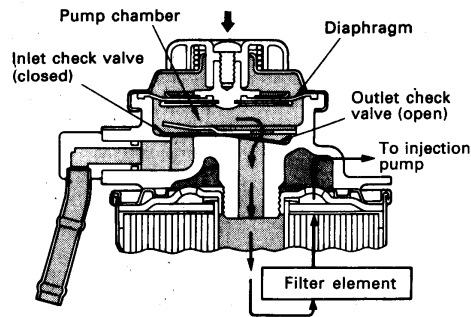
Priming pump berfungsi untuk menghisap bahan bakar dari tangki pada saat mengeluarkan udara palsu dari sistem bahan bakar.



PRIMING PUMP
(FOR IN-LINE TYPE INJECTION PUMP)

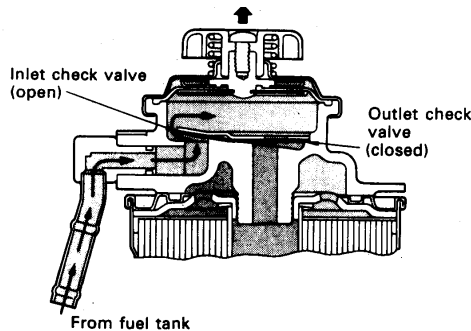
- Cara Kerja

1. Saat pump handle ditekan



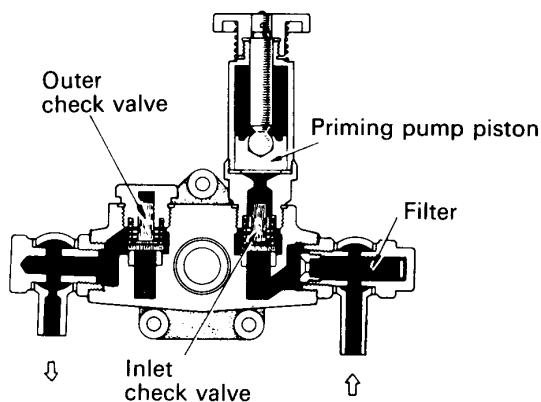
Diaphragm bergerak ke bawah menyebabkan outlet check valve terbuka dan bahan bakar mengalir ke fuel filter. Saat yang sama inlet check valve tertutup mencegah bahan bakar mengalir kembali.

2. Saat pump handle dilepas



Tegangan pegas mengembalikan diaphragma ke posisi semula dan menimbulkan kevakuman, inlet valve terbuka dan bahan bakar masuk ke ruang pompa. Saat ini outlet valve tertutup.

⑤ Feed Pump (Untuk Pompa Injeksi In-Line)

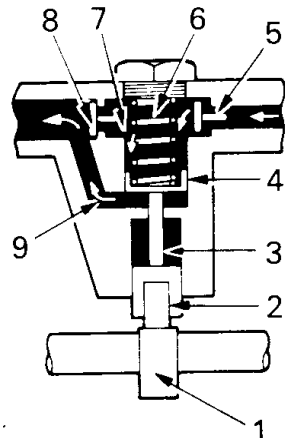


Feed pump berfungsi untuk menghisap bahan bakar dari tangki dan menekannya ke pompa injeksi.

Feed pump adalah single acting pump yang dipasang pada sisi pompa injeksi dan digerakkan oleh camshaft pompa injeksi.

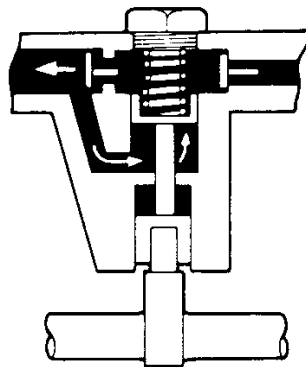
- Cara Kerja

1. Saat Penghisapan



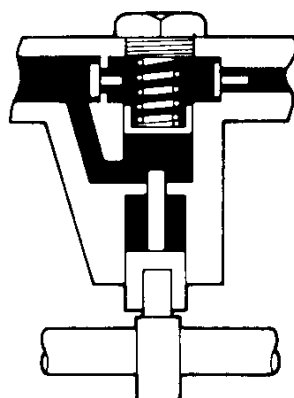
Saat camshaft (1) tidak mendorong tappet roller (2), piston (4) mendorong push rod (5) ke bawah karena tegangan piston spring (6). Saat itu volume pressure chamber (7) membesar dan membuka inlet valve (5) untuk menghisap bahan bakar. Saat ini outlet valve (8) tertutup.

2. Saat Pengeluaran



Camshaft terus berputar dan mendorong piston melalui tappet roller dan push rod. Piston menekan bahan bakar di dalam pressure chamber, membuka outlet valve dan bahan bakar dikeluarkan dengan tekanan.

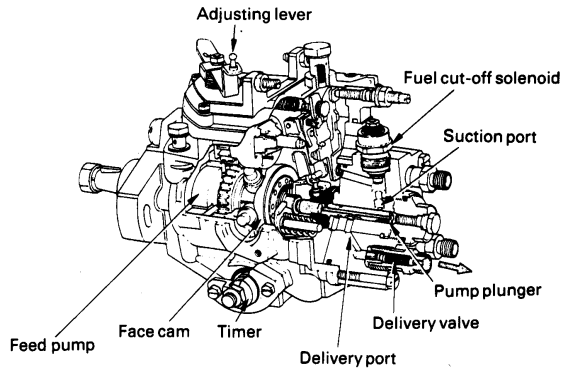
3. Saat Tekanan Tinggi



Sebagian bahan bakar yang dikeluarkan memasuki pressure chamber (9) yang terletak di bawah piston. Bila tekanan bahan bakar di bawah piston naik menjadi $1,8 - 2,2 \text{ kg/cm}^2$ maka tegangan piston spring tidak cukup kuat untuk menurunkan piston. Akibatnya, piston tidak dapat lagi bergerak bolak-balik dan pompa berhenti bekerja.

⑥ Pompa Injeksi

- Pompa Injeksi Tipe Distributor



Bahan bakar dibersihkan oleh water sedimenter dan filter dan ditekan oleh vane type feed pump yang mempunyai 4 vane Bahan bakar melumasi komponen-komponen pompa injeksi.

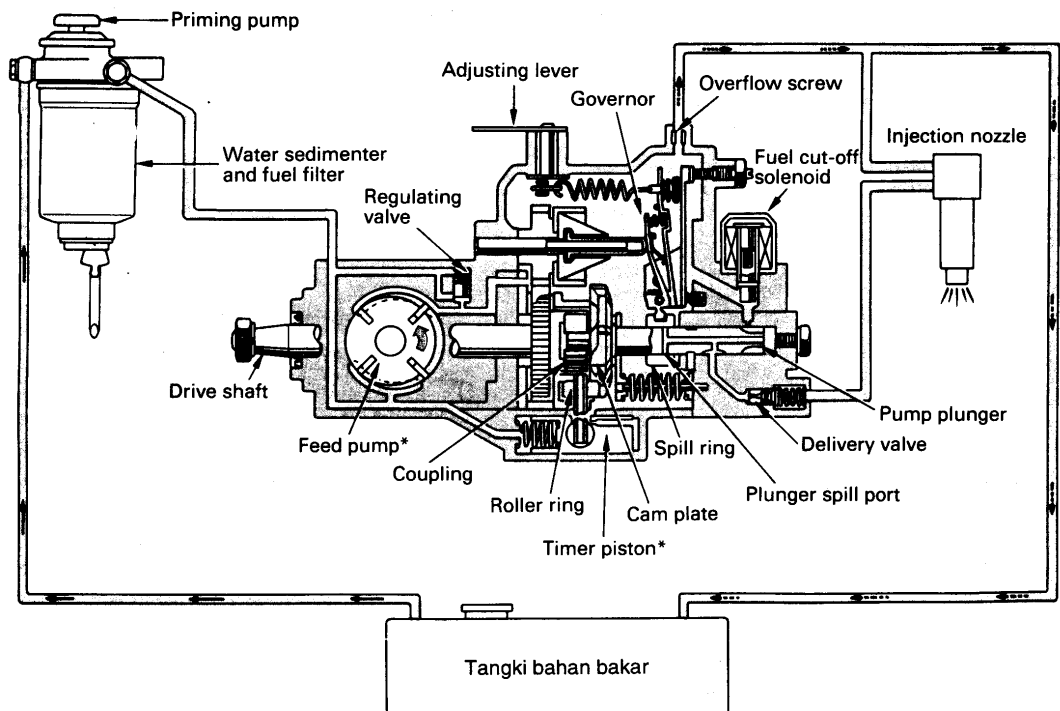
Pump plunger bergerak lurus bo-lak-balik sambil berputar karena Bergeraknya drive shaft, cam plate, plunger spring, dan lain-lain.

Gerakan plunger menyebabkan naiknya tekanan bahan bakar dan menekan bahan bakar melalui delivery valve ke injection nozzle.

Mechanical governor berfungsi untuk mengatur banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan oleh nozzle dengan menggerakkan spill ring sehingga merubah saat akhir langkah efektif plunger.

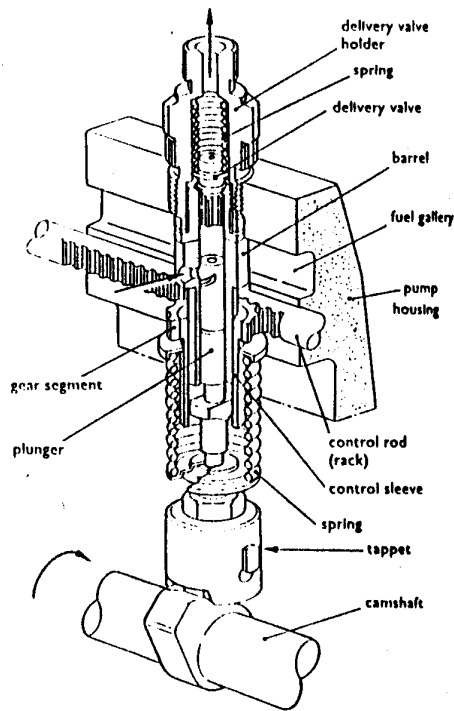
Pressure timer berfungsi untuk memajukan saat penginjeksian bahan bakar dengan cara merubah posisi tappet roller.

Fuel cut-off solenoid untuk menutup saluran bahan bakar dalam pompa.



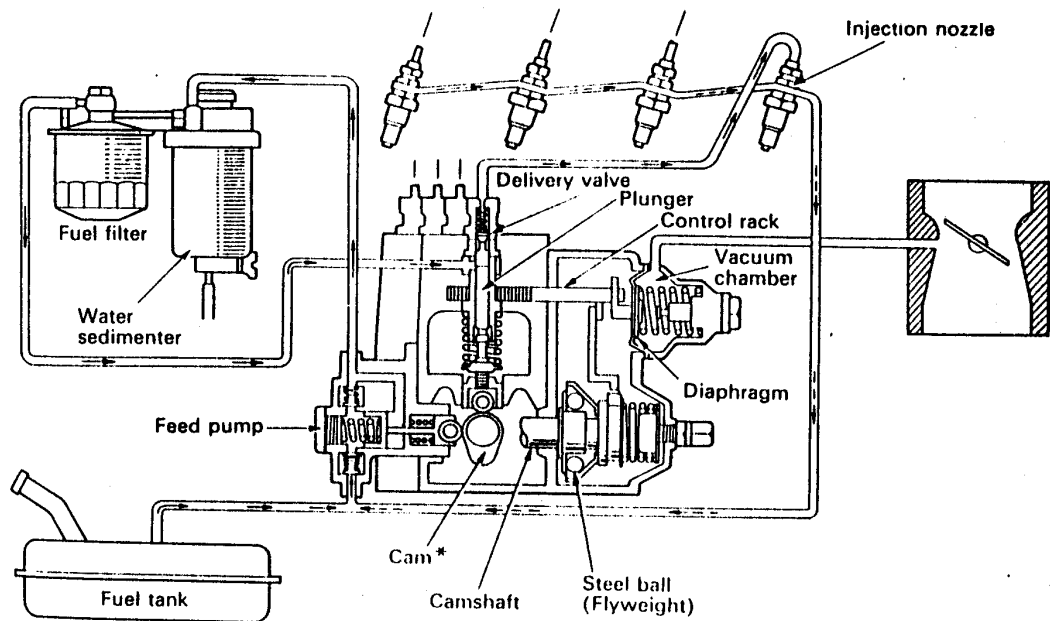
* Putar 90° sehingga dapat dilihat dari samping

- Pompa Injeksi Tipe In-Line



Feed pump menghisap bahan bakar dari tanki dan menekan bahan bakar yang telah disaring oleh filter. Pompa injeksi tipe in-line mempunyai cam dan plunger yang jumlahnya sama dengan jumlah silinder. Gerakan plunger lurus bolak-balik. Delivery valve berfungsi untuk menjaga tekanan pada pipa in-jeksi dan menghentikan injeksi dengan cepat. Plunger dilumasi oleh solar dan camshaft oleh oli motor. Governor bekerjanya menggerakkan control rack.

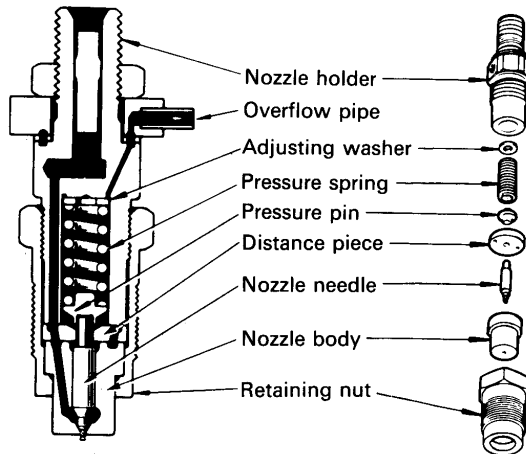
Governor terdiri dari 2 tipe : mechanical governor dan combined governor (mechanical dan pneumatic governor). Automatic timer menggerakkan camshaft pompa.



* Rotated 90° so that it can be seen from the side.

⑦ Injection Nozzle

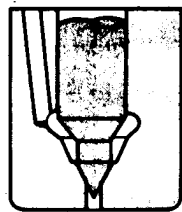
- Uraian



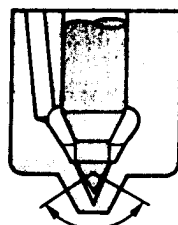
Injection nozzle terdiri nozzle body dan needle dan berfungsi untuk mengabutkan bahan bakar.

Antara nozzle body dan needle dikerjakan dengan presisi dengan toleransi 1/1000 mm karena itu kedua komponen itu apabila perlu diganti harus diganti secara bersama.

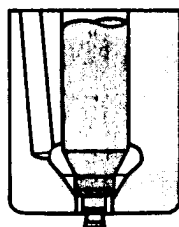
- Tipe Injection Nozzle



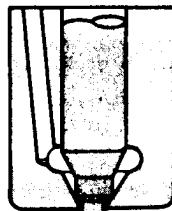
Single hole type



Multiple hole type



Throttle type



Pintle type

Nozzle dapat diklasifikasikan :

- Hole type :
 1. Single hole
 2. Multiple hole
- Pin type :
 3. Throttle
 4. Pintle

Pada direct injection digunakan injektor tipe multiple hole. Pada precombustion chamber dan swirl chamber digunakan tipe pintle.

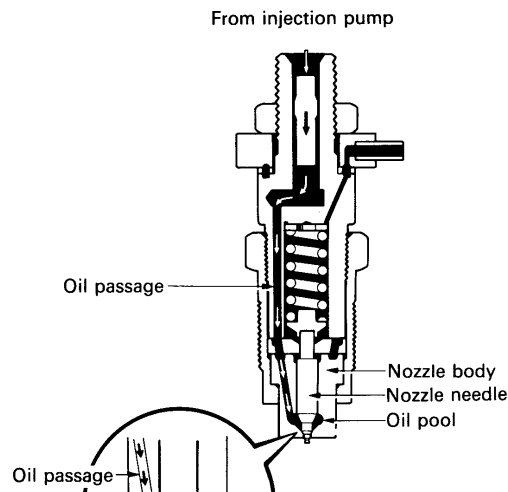
- Kebutuhan untuk Menyetel Tekanan Injeksi

Tekanan injektor yang tidak tepat akan mengganggu saat injeksi dan volume injeksi.

Tekanan Pembukaan	Sangat Rendah	Sangat Tinggi
Saat Injeksi	Maju	Mundur
Volume Injeksi	Besar	Kecil

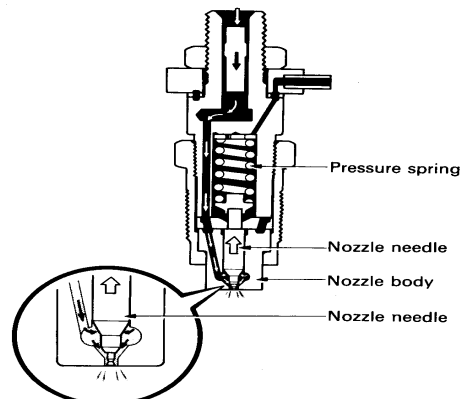
- Cara Kerja Injektor

1. Sebelum Penginjeksian



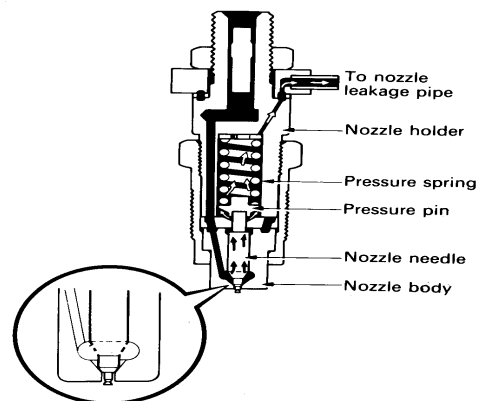
Bahan bakar yang bertekanan tinggi mengalir dari pompa injeksi melalui oil passage menuju oil pool pada bagian bawah nozzle body.

2. Penginjeksian Bahan Bakar



Bila tekanan pada oil pool naik, ini akan menekan permukaan nozzle needle. Bila tekanan ini melebihi tegangan pegas, maka nozzle needle terdorong ke atas dan menyebabkan nozzle menyemprotkan bahan bakar.

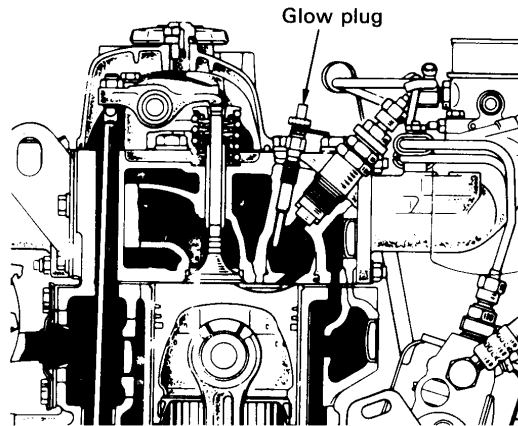
3. Akhir Penginjeksian



Bila pompa injeksi berhenti mengalirkan bahan bakar, tekanan bahan bakar turun, dan pressure spring mengembalikan nozzle needle ke posisi semula (menutup saluran bahan bakar).

Sebagian bahan bakar yang tersisa antara nozzle needle dan nozzle body, melumasi semua komponen dan kembali ke over flow pipe.

⑧ Busi Pijar



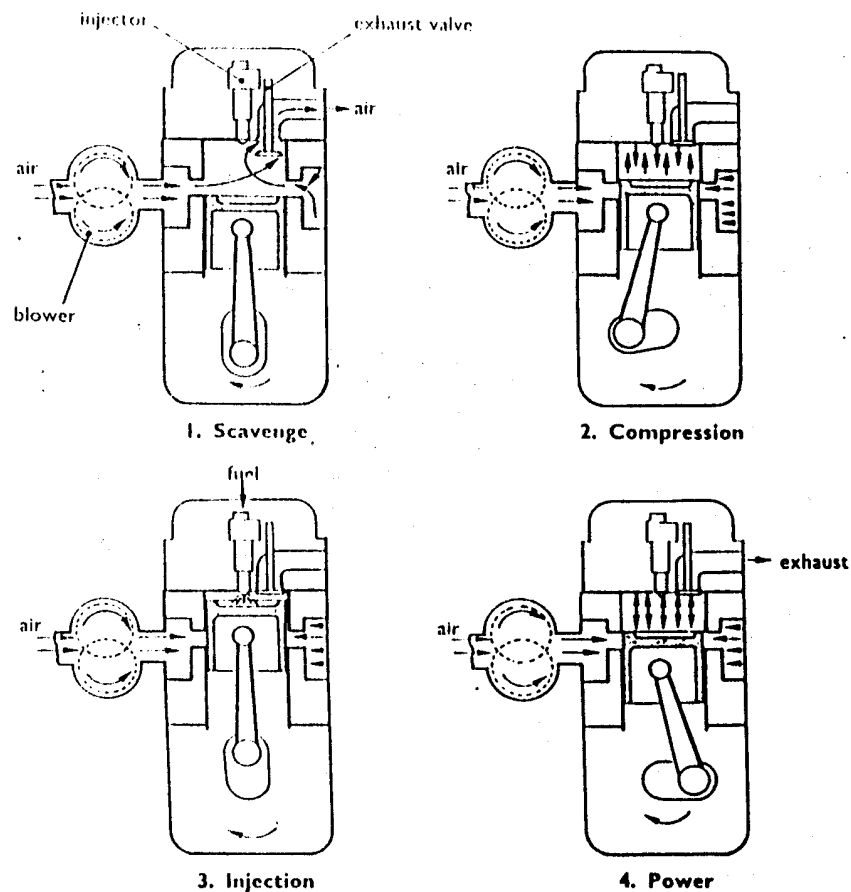
Busi pijar (glow plug) berfungsi untuk pemanasan awal pada ruang bakar agar motor lebih mudah hidup (saat motor dingin).

PERBEDAAN UTAMA ANTARA MOTOR DIESEL DAN MOTOR BENJIN

Item	Motor Diesel	Motor Benjin
Siklus pembakaran	Sabathe	Otto
Perbandingan kompresi	16 – 23 : 1	8 – 12 : 1
Bentuk ruang bakar	Rumit	Sederhana
Pencampuran bahan bakar	Dalam silinder	Dalam karburator
Metoda penyalaan	Terbakar sendiri	Percikan api busi
Metoda bahan bakar	Pompa injeksi	Karburator
Bahan bakar	Solar	Bensin
Getaran dan suara	Besar	Kecil
Efisiensi panas	30 – 40 %	22 – 30 %
Pemakaian bahan bakar spesifik	160 – 225 gr/PK.h	200 – 250 gr/PK.h
Tekanan kompresi	30 – 45 kg/cm ²	12 kg/cm ²
Putaran motor maksimum	5.000 rpm	9.000 rpm
Pengontrolan out put motor	Banyaknya campuran	Banyaknya penginjeksian
Langkah hisap	Udara dan bensin	Udara

MOTOR 2 LANGKAH

- Motor Diesel 2 Langkah



1. Langkah Hisap (Pembilasan)
Piston bergerak dari TMA ke TMB yang kemudian membuka intake port, udara ditekan masuk oleh blower dan mendorong gas bekas keluar melalui katup buang yang terbuka.
2. Langkah Kompresi
Piston bergerak dari TMB ke TMA dan menutup intake port. Saat ini katup buang tertutup sehingga terjadi pengkompresian udara.
3. Langkah Penginjeksian
Injektor menginjeksikan bahan bakar ke dalam silinder.
4. Langkah Usaha
Terjadi pembakaran dan ledakan yang mendorong piston ke bawah (dari TMA ke TMB).