

MODUL PEMELIHARAAN TEKNOLOGI MOTOR DIESEL



Dr. BAMBANG SUDARSONO, M.Pd.

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PURWOREJO
2019**

LEMBAR PENGESAHAN DIKTAT KULIAH / MODUL / BUKU AJAR

1. Judul : Pemeliharaan Teknologi Motor Diesel
2. Jenis : Modul
3. Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
4. Mata Kuliah : Teknologi Motor Diesel
5. Waktu : Gasal 2019/2020
6. Indentitas Penulis
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Dr. Bambang Sudarsono, M.Pd.
 - b. Golongan/Pangkat dan NIDN : Penata/IIIC/0626018503
 - c. Jabatan Akademik : Lektor

Mengetahui,

Dekan FKIP



Suh Widiyono, M.Pd.
NIDN.0616078301

Penulis



Dr. Bambang Sudarsono, M.Pd
NIDN. 0626018503

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan modul dengan judul “Pemeliharaan Teknologi Motor Diesel” ini tepat pada waktunya. Modul ini ditulis sebagai sarana pendukung untuk proses pembelajaran otomotif. Hal ini didasarkan pada semakin berkembangnya teknologi otomotif khususnya motor diesel. Dahulu, motor diesel terkenal untuk mobil-mobil berat seperti truk, akan tetapi semakin berkembangnya zaman mulai banyak digunakan pada kendaraan ringan seperti mobil pribadi. Berdasarkan kondisi tersebut, kami berusaha menyusun modul ini dengan memuat dasar-dasar motor diesel. Modul ini berisi materi dasar dan menggunakan bahasa yang sederhana sehingga mudah dipahami.

Kami ucapkan terima kasih kepada semua pihak di Universitas Muhammadiyah Purworejo terutama Program Studi Pendidikan Vokasional Teknologi Otomotif yang mendukung penulisan modul ini. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dan kelemahan dalam modul ini yang harus diperbaiki dan dikembangkan. Oleh karena itu kritik, saran dan masukan atas modul ini sangat penulis harapkan. Semoga modul ini dapat bermanfaat yang sebesar-besarnya bagi pihak-pihak yang berkepentingan. Akhirnya penulis mohon maaf apabila terdapat kesalahan dalam penulisan modul ini, sekian dan terima kasih.

Yogyakarta, Juli 2019



Bambang Sudarsono

DAFTAR ISI

| | |
|---|-----|
| SAMPUL JUDUL..... | i |
| PENGESAHAN..... | ii |
| KATA PENGANTAR..... | iii |
| DAFTAR ISI..... | iv |
| BAB I PENDAHULUAN | |
| A. Deskripsi..... | 1 |
| B. Prasyarat..... | 1 |
| C. Petunjuk Penggunaan..... | 1 |
| BAB II PEMBELAJARAN TEKNOLOGI MOTOR DIESEL | |
| A. Tujuan Pembelajaran..... | 3 |
| B. Uraian..... | 3 |
| C. Karakteristik..... | 4 |
| D. Prinsip Kerja..... | 5 |
| E. Proses Pembakaran Mesin Diesel..... | 7 |
| F. Macam-Macam Mesin Diesel..... | 8 |
| G. Kelengkapan Mesin Diesel..... | 12 |
| H. Sistem Pelumasan..... | 15 |
| I. Sistem Intake dan Exhaust..... | 19 |
| J. Sistem Bahan Bakar..... | 19 |
| K. Pemanasan Pendahuluan..... | 31 |
| BAB III EVALUASI | |
| A. Tugas..... | 35 |
| B. Tes Formatif..... | 35 |
| BAB IV JOBSHEET | |
| A. Tune-Up Mesin Diesel..... | 36 |
| B. Perawatan Sistem Bahan Bakar Diesel..... | 43 |
| BAB V PENUTUP..... | 47 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 48 |

BAB I PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI

Modul ini mencakup konsep dasar teknologi motor diesel meliputi karakteristik, prinsip kerja, proses pembakaran mesin diesel, macam-macam mesin diesel, pemetaan kelengkapan mesin diesel dan sistem-sistem yang terdapat pada mesin diesel.

Modul ini terdiri dari tiga tahap belajar. Pertama membahas materi dasar teknologi motor diesel yang dikemas dalam bahasa sederhana. Kedua, tahap evaluasi yang berisi soal-soal guna menunjang perubahan pengetahuan mahasiswa setelah melaksanakan tahap pertama. Terakhir, mahasiswa dilatih untuk menerapkan cara perawatan mesin diesel.

Setelah mempelajari Modul ini diharapkan dapat memahami teknologi motor diesel serta dapat melakukan pemeliharaan/servis sistem dan komponen mesin diesel tersebut.

B. PRASARAT

Sebelum memulai Modul ini, mahasiswa harus sudah mempelajari dan menguasai teknologi motor bensin. Hal ini bertujuan untuk mempermudah dalam membandingkan kedua teknologi tersebut serta mendalaminya.

C. PETUNJUK PENGGUNAAN

1. Petunjuk Bagi Mahasiswa

Untuk memperoleh hasil belajar maksimal dalam mempelajari materi modul ini, langkah-langkah yang perlu dilaksanakan diantaranya:

- a. Bacalah dan pahami dengan seksama uraian-uraian materi yang ada pada kegiatan belajar. Bila ada materi yang kurang jelas dapat ditanyakan kepada instruktur/ dosen yang mengampu kegiatan belajar tersebut.
- b. Kerjakanlah setiap tugas untuk mengetahui seberapa besar pemahaman yang telah dimiliki terhadap materi- materi yang dibahas dalam setiap kegiatan belajar.
- c. Untuk kegiatan belajar yang terdiri dari teori dan praktik, perhatikanlah hal-hal berikut ini:
 - 1) Perhatikan petunjuk-petunjuk keselamatan kerja yang diberikan
 - 2) Pahami setiap langkah kerja (prosedur praktikum) dengan baik
 - 3) Sebelum melaksanakan praktik, tentukan alat dan bahan yang diperlukan secara cermat
 - 4) Gunakan alat sesuai prosedur yang pemakaian yang benar
 - 5) Untuk melakukan kegiatan belajar praktik yang belum jelas, harus meminta ijin instruktur/ dosen terlebih dahulu
 - 6) Setelah selesai praktik, kembalikan alat dan bahan ke tempat semula serta bersihkan tempat praktikum

- d. Jika belum menguasai tingkat materi yang diharapkan, ulangi lagi pada kegiatan belajar sebelumnya atau bertanyalah kepada instruktur/ dosen yang menguasai kegiatan pembelajaran yang bersangkutan.
2. Petunjuk Bagi Instruktur/ Dosen
- Dalam setiap kegiatan belajar instruktur/ dosen berperan untuk:
- a. Membantu mahasiswa dalam merencanakan proses belajar
 - b. Membimbing mahasiswa melalui tugas-tugas pelatihan yang dijelaskan dalam tahap belajar
 - c. Membantu mahasiswa dalam memahami konsep, praktik baru, dan menjawab pertanyaan mengenai proses belajarnya.
 - d. Membantu mahasiswa untuk menentukan dan mengakses sumber tambahan lain yang diperlukan untuk belajar
 - e. Mengorganisasikan kegiatan belajar kelompok jika diperlukan

BAB II PEMBELAJARAN TEKNOLOGI MOTOR DIESEL

A. TUJUAN PEMBELAJARAN:

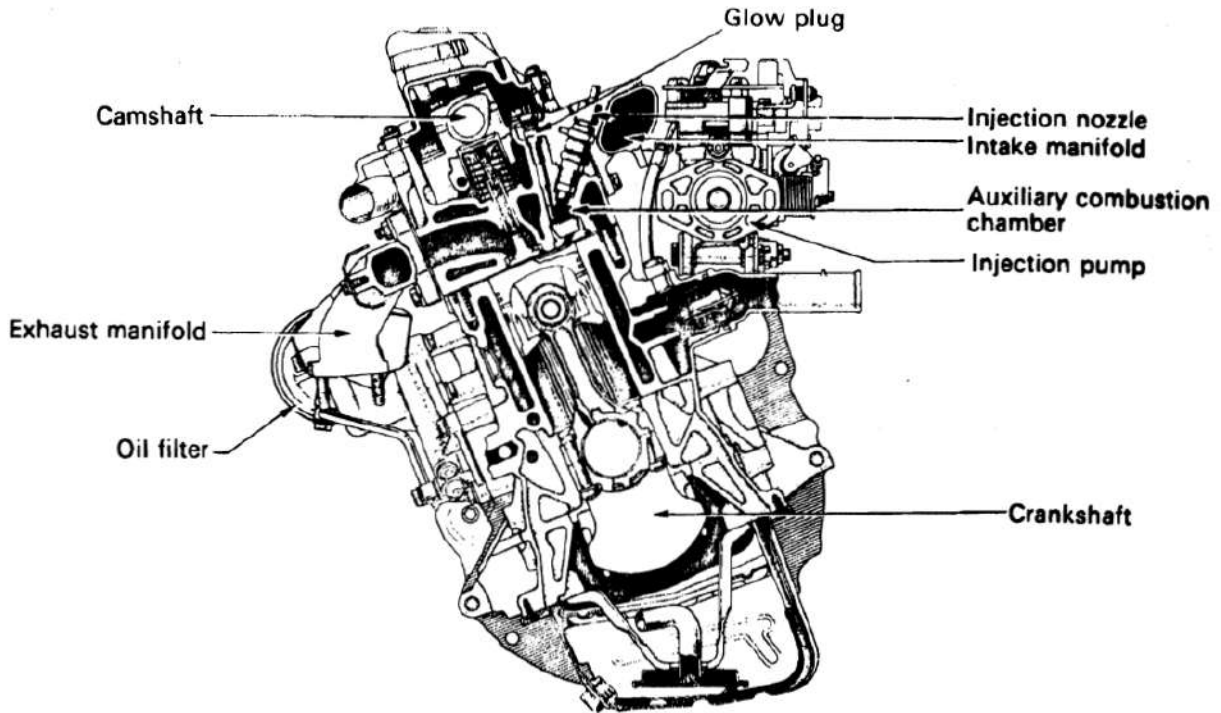
1. Mahasiswa dapat menjelaskan karakteristik, prinsip kerja, dan proses pembakaran mesin diesel
2. Mahasiswa dapat membedakan macam-macam mesin diesel
3. Mahasiswa dapat menjelaskan kelengkapan mesin diesel
4. Mahasiswa dapat mengklasifikasikan sistem-sistem yang berada di mesin diesel
5. Mahasiswa dapat melakukan pemeliharaan mesin diesel

B. URAIAN

Mesin diesel (*diesel engine*) termasuk mesin yang dapat menghasilkan tenaga panas dari dalam mesin itu sendiri, sering disebut dengan motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) selain mesin bensin dan mesin gas turbin. Jika motor bensin disebut *spark ignition engine* (motor penyalaan busi) karena penyalaan bahan bakarnya diakibatkan oleh percikan bunga api dari busi, maka motor diesel disebut dengan *compression ignition engine* (motor penyalaan kompresi) karena penyalaan bahan bakarnya diakibatkan oleh suhu kompresi udara dalam ruang bakar.

Pada mesin bensin, bahan bakar diatomisasikan, dicampur dengan udara oleh karburator, dikompresikan dan selanjutnya dibakar dengan loncatan bunga api listrik. Pada mesin diesel, hanya udara yang dihisap dan dikompresikan di dalam silinder hingga menjadi panas. Bahan bakar diesel yang berbentuk kabut kemudian disemprotkan ke dalam silinder. Bahan bakar dibakar oleh panas udara yang telah dikompresikan di dalam silinder, dengan suhu dan tekanan udara yang cukup tinggi maka partikel-partikel bahan bakar akan menyala dengan sendirinya sehingga membentuk proses pembakaran. Untuk memenuhi kebutuhan pembakaran tersebut, maka temperatur udara yang dikompresikan dalam ruang bakar harus mencapai 500°C (932°F) atau lebih. Dengan demikian, perbandingan kompresi mesin diesel dibuat (15:1-22:1) lebih tinggi dari pada mesin bensin (6:1-12:1) dan mesin diesel didesain dengan konstruksi yang jauh lebih kuat dari pada mesin bensin.

Meskipun motor diesel tidak diperlukan sistem pengapian seperti motor bensin, namun pada motor diesel diperlukan sistem injeksi bahan bakar yang berupa pompa injeksi (*injection pump*) dan pengabut (*injector*) serta perlengkapan bantu lainnya. Dengan catatan, bahan bakar yang disemprotkan harus mempunyai sifat dapat terbakar sendiri (*self ignition*).



Gambar Konstruksi Mesin Diesel

C. KARAKTERISTIK

Secara garis besar, karakteristik mesin diesel dan mesin bensin adalah sebagai berikut:

| Mesin Diesel | Mesin Bensin |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Efisiensi panasnya tinggi • Bahan bakarnya hemat • Kecepatannya lebih rendah dibanding mesin bensin • Getarannya besar dan agak berisik • Harganya lebih mahal • Umumnya digunakan untuk kendaraan jarak jauh (kendaraan niaga, truk besar, dsb) | <ul style="list-style-type: none"> • Kecepatannya tinggi dan tenaganya besar • Mudah pengoperasiannya • Pembakarannya sempurna • Umumnya digunakan untuk kendaraan penumpang dan kendaraan truk yang kecil, dsb. |

Sedangkan bila ditinjau dari beberapa item di bawah ini, mesin diesel dan mesin bensin mempunyai beberapa perbedaan utama, yaitu:

| Item | Mesin Bensin | Mesin Diesel |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Siklus pembakaran | Siklus sabathe | Siklus otto |
| Rasio kompresi | 15-22 | 6-12 |
| Ruang bakar | Rumit | Sederhana |
| Percampuran bahan bakar | Diinjeksikan pada akhir langkah | Dicampur pada karburator |

| | | |
|---------------------|------------------|---------------|
| Metode penyalaan | Terbakar sendiri | Percikan busi |
| Bahan bakar | Solar | Bensin |
| Getaran suara | Besar | Kecil |
| Efisiensi panas (%) | 30-40 | 22-30 |

Dari tabel-tabel diatas maka mesin diesel mempunyai keuntungan, yaitu:

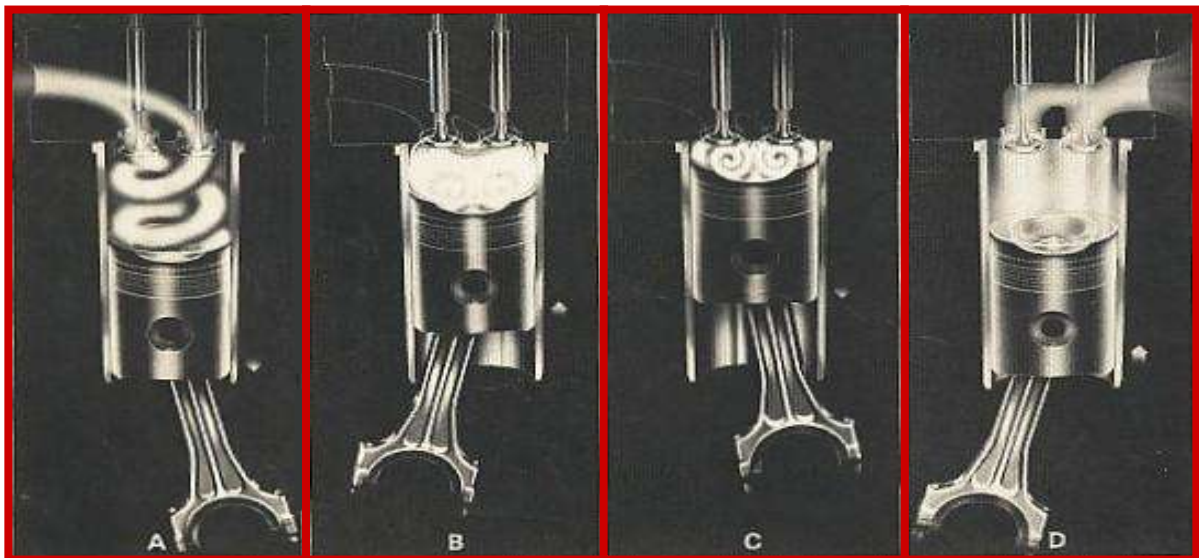
1. Pemakaian bahan bakar lebih hemat, karena efisiensi panas lebih baik, biaya operasi lebih hemat karena solar lebih murah.
2. Daya tahan lebih lama dan gangguan lebih sedikit, karena tidak menggunakan sistem pengapian
3. Jenis bahan bakar yang digunakan lebih banyak
4. Operasi lebih mudah dan cocok untuk kendaraan besar, karena variasi momen yang terjadi pada perubahan tingkat kecepatan lebih kecil.

Di samping itu mesin diesel memiliki kerugian, yaitu:

1. Suara dan getaran yang timbul lebih besar (hampir 2 kali) daripada motor bensin. Hal ini disebabkan tekanan yang sangat tinggi (hampir 60 kg/cm^2) pada saat pembakaran
2. Bobot per satuan daya dan biaya produksi lebih besar, karena bahan dan konstruksi lebih rumit untuk rasio kompresi yang tinggi
3. Pembuatan pompa injeksi lebih teliti sehingga perawatan lebih sulit
4. Memerlukan kapasitas baterai dan motor starter yang besar agar dapat memutar poros engkol dengan kompresi yang tinggi.

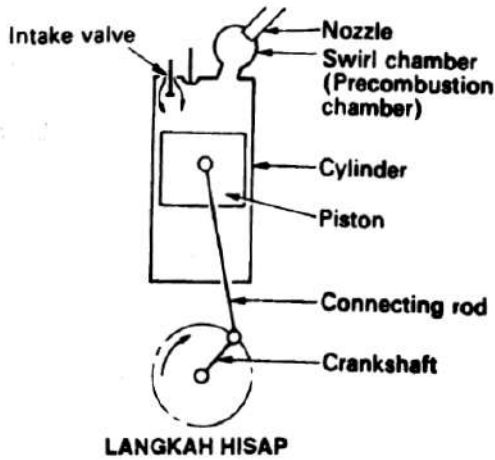
D. PRINSIP KERJA

Bekerjanya mesin diesel 4 langkah yaitu oleh suatu rangkaian ulangan tetap dari langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha (pembakaran), dan langkah buang. Berikut ini merupakan penjelasan dari masing-masing langkah tersebut:



Gambar Prinsip Kerja Mesin Diesel

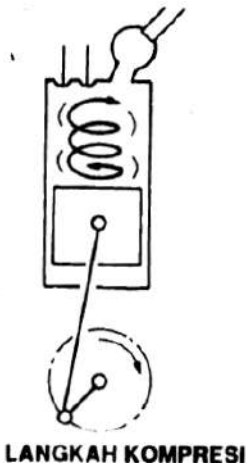
1. Langkah Hisap (A)



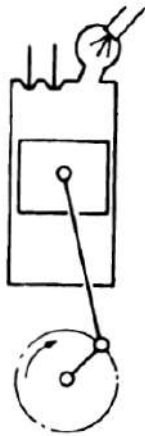
Piston membentuk kevakuman di dalam silinder seperti pada mesin bensin, piston bergerak ke bawah dari titik mati atas ke titik mati bawah. Terjadinya vakum ini menyebabkan *intake valve* terbuka dan memungkinkan udara segar masuk ke dalam silinder. *Exhaust valve* tertutup selama langkah hisap.

2. Langkah Kompresi (B)

Piston bergerak dari titik mati bawah menuju titik mati atas. Pada saat ini, kedua katup tertutup. Udara yang dihisap selama langkah hisap ditekan sampai tekanannya naik sekitar 30 kg/cm^2 (427 psi, 2.942 kpa) dengan temperatur sekitar $500\text{-}800^\circ\text{C}$ ($932\text{-}1.472^\circ\text{F}$).



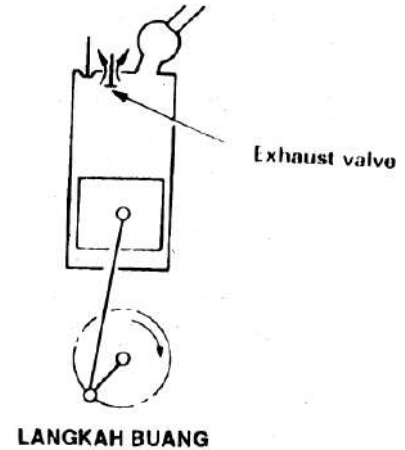
3. Langkah Pembakaran (Usaha) (C)



Udara yang terdapat didalam silinder didorong ke ruang bakar pendahuluan (*precombustion chamber*) yang terdapat pada bagian atas masing-masing ruang bakar. Pada akhir langkah pembakaran, *ignition nozzle* terbuka dan menyemprotkan kabut bahan bakar ke dalam ruang bakar pendahuluan dan campuran udara-bahan bakar selanjutnya terbakar oleh panas yang dibangkitkan oleh tekanan. Panas dan tekanan keduanya naik secara mendadak dan bahan bakar yang tersisa pada ruang bakar pendahuluan ditekan ke ruang bakar utama diatas piston, kejadian ini menyebabkan bahan bakar terurai menjadi prtikel-partikel kecil dan bercampur dengan udara pada ruang bakar utama (*main combustion*) dan terbakar dengan cepat. Energi pembakaran mengekspansikan gas dengan sangat cepat dan piston terdorong kebawah. Gaya yang mendorong piston kebawah diteruskan ke *connecting rod* dan *crankshaft* lalu dirubah menjadi gerak putar untuk memberi tenaga pada mesin.

4. Langkah Buang (D)

Pada saat piston menuju titik mati bawah, *exhaust valve* terbuka dan gas pembakaran dikeluarkan melalui *exhaust valve* pada saat piston bergerak ke atas lagi. Gas akan terbuang habis pada saat piston mencapai titik mati atas, dan setelah itu proses dimulai lagi dengan langkah hisap. Selama mesin menyelesaikan empat langkah (hisap, kompresi, pembakaran, dan buang), *crankshaft* berputar dua kali dan menghasilkan satu tenaga. Ini disebut dengan siklus diesel.



Perbandingan mesin bensin dan mesin diesel selama masing-masing langkah diperlihatkan dalam tabel dibawah:

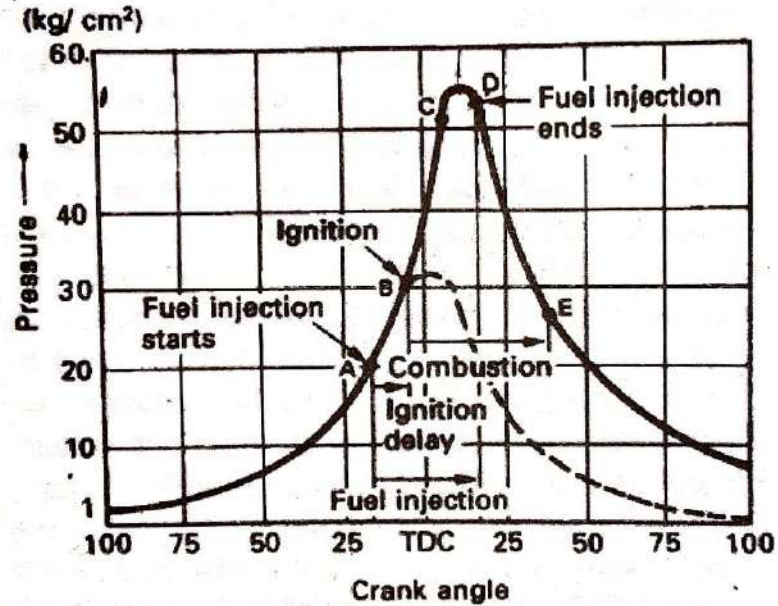
| Mesin Langkah | Mesin Bensin | Mesin Diesel |
|------------------|---|---|
| Hisap | Campuran udara dan bahan bakar dihisap kedalam ruang bakar oleh adanya vacuum | Hanya udara yang dihisap |
| Kompresi | Pisron mengkompresikan campuran udara dan bahan bakar | Piston mengkompresikan udara untuk menambah tekanan $\pm 30 \text{ kg/cm}^2$ dan temperatur $\pm 500-800^\circ\text{C}$ |
| Pembakaran | Api busi membakar campuran yang telah dikompresikan | Bahan bakar diinjeksi ke dalam udara yang panas dan tekanan yang tinggi setelah dikompresikan dimana ia terbakar |
| Buang | Piston mendorong keluar gas bekas dari silinder | Piston mendorong keluar gas bekas dari silinder |

E. PROSES PEMBAKARAN MESIN DIESEL

Proses pembakaran yang terjadi pada mesin diesel diperlihatkan dalam hubungan tekanan dan waktu (grafik dibawah) dan dapat dibagi menjadi 4 *phase*.

1. *Phase* pertama (A-B) saat tertundanya pembakaran (*Ignition Delay*)

Tahap ini merupakan persiapan pembakaran, dimana partikel-partikel yang sempurna dari bahan bakar yang diinjeksikan bercampur dengan udaradalam silinder untuk dibentuk menjadi campuran yang mudah terbakar. Peningkatan tekanan secara konstan terjadi sesuai dengan sudut poros engkol.



Gambar Proses Pembakaran

2. **Phase kedua (B-C) saat perambatan api (*Flame Propagation*)**

Dengan berakhirnya *phase* pertama, campuran bahan bakar dan udara tersebut akan terbakar di beberapa tempat. Nyala api akan merambat dengan kecepatan tinggi sehingga seolah-olah campuran terbakar sekaligus, sehingga menyebabkan tekanan dalam silinder naik. Saat ini disebut *phase* pembakaran letupan (*explosive*).

Naiknya tekanan dalam *phase* ini merupakan persiapan untuk membentuk banyaknya campuran yang mudah terbakar dalam *phase* ketiga.

3. **Phase ketiga (C-D) saat pembakaran langsung (*Direct Combustion*)**

Akibat adanya api dalam silinder, maka bahan bakar yang diinjeksikan langsung terbakar. Pembakaran langsung ini dapat dikontrol dari jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, sehingga disebut sebagai pengontrolan periode pembakaran.

4. **Phase keempat (D-E) pembakaran lanjut (*After Burning*)**

Akhir penginjeksian pada titik D, tetapi sebagian bahan bakar masih ada dalam ruang bakar untuk dibakar secara *continue*. Bila *phase* ini terlalu panjang, maka suhu gas buang (bekas) akan naik yang akan menyebabkan efisiensi menurun.

Dengan tertundanya proses pembakaran melalui perambatan api, ini digunakan sebagai persiapan untuk *phase* pembakaran langsung. Tekanan yang terjadi selama *phase* perambatan api harus dipertahankan ke efisiensi *maximum phase* pembakaran langsung, ini merupakan ciri khas dari mesin diesel.

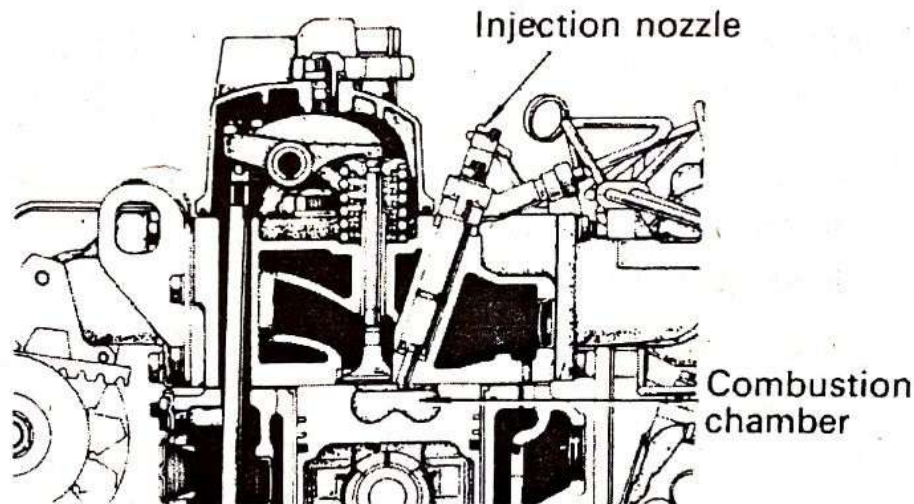
F. MACAM-MACAM MESIN DIESEL

Jika dibandingkan dengan mesin bensin, ruang bakar pada motor diesel lebih rumit. Ruang bakar mesin diesel merupakan bagian terpenting untuk menentukan kemampuan mesin diesel, sebab ruang bakar tersebut direncanakan dengan tujuan agar campuran udara

dan bahan bakar menjadi homogen dan mudah terbakar sekaligus. Ruang bakar yang digunakan pada kendaraan-kendaraan, yaitu:

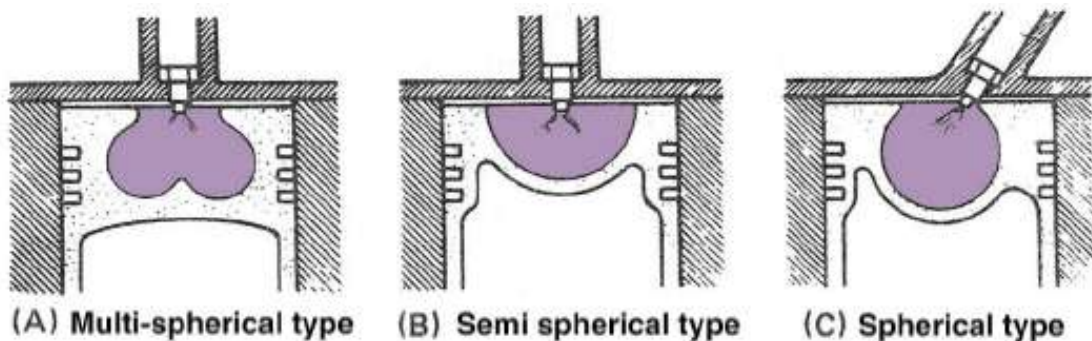
1. Ruang Bakar Langsung (*Direct Combustion Chamber*)

Pada tipe injeksi langsung (*direct injection*) *injection nozzle* menyembrotkan bahan bakar langsung ke ruang utama (*main combustion*) yang terdapat diantara *cylinder head* dan piston. Ruang pada bagian atas piston dirancang untuk meningkatkan efisiensi pembakaran.



Gambar Ruang Bakar Langsung

Macam-macam ruang injeksi:



Gambar Macam-Macam Ruang Injeksi Langsung

Keuntungan ruang bakar langsung adalah: (1) efisiensi panas lebih tinggi, pemakaian bahan bakar lebih hemat karena bentuk ruang bakar yang sederhana, (2) start dapat mudah dilakukan pada waktu mesin dingin tanpa menggunakan alat bantu start busi pijar (*glow plug*), dan (3) cocok untuk mesin-mesin besar karena konstruksi kepala silinder sederhana.

Kerugian ruang bakar langsung adalah: (1) memerlukan kualitas bahan bakar yang baik, (2) memerlukan tekanan injeksi yang lebih tinggi, (3) sering terjadi gangguan *nozzle*, umur *nozzle* lebih pendek karena menggunakan *nozzle* lubang banyak (*multiple hole*)

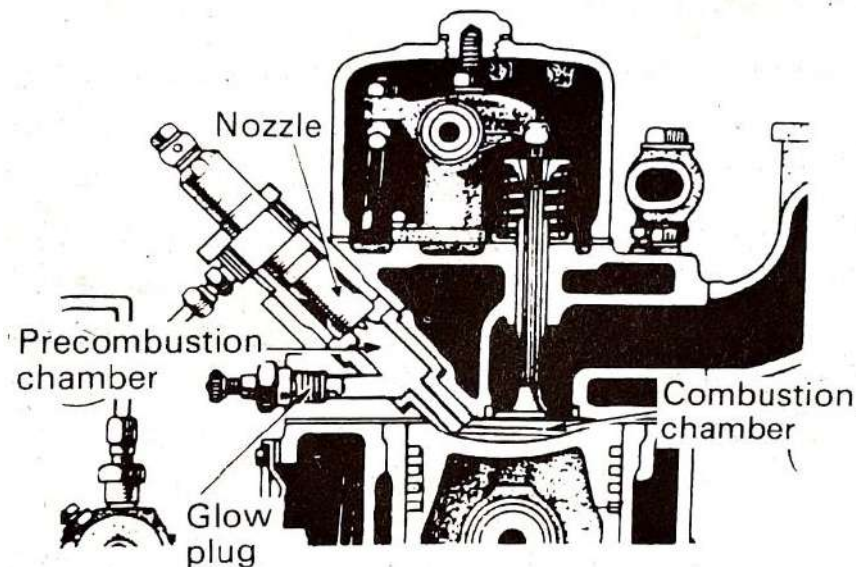
nozzle), dan (4) dibandingkan dengan jenis ruang bakar tambahan, turbulensi lebih lemah, jadi sukar untuk kecepatan tinggi.

2. Ruang Bakar Tambahan (*Auxiliary Combustion Chamber*)

Ruang bakar tambahan terdapat dalam 3 macam, yaitu:

a. Ruang Bakar Kamar Depan (*Precombustion Chamber*)

Dalam ruang bakar ini bahan bakar solar disemprotkan ke dalam ruang bakar muka oleh *nozzle* injeksi. Sebagian bahan bakar yang tidak terbakar di ruang bakar muka didorong melalui saluran kecil antara ruang bakar muka dan ruang bakar utama. Percampuran yang baik dan terbakar seluruhnya berada pada ruang bakar utama.



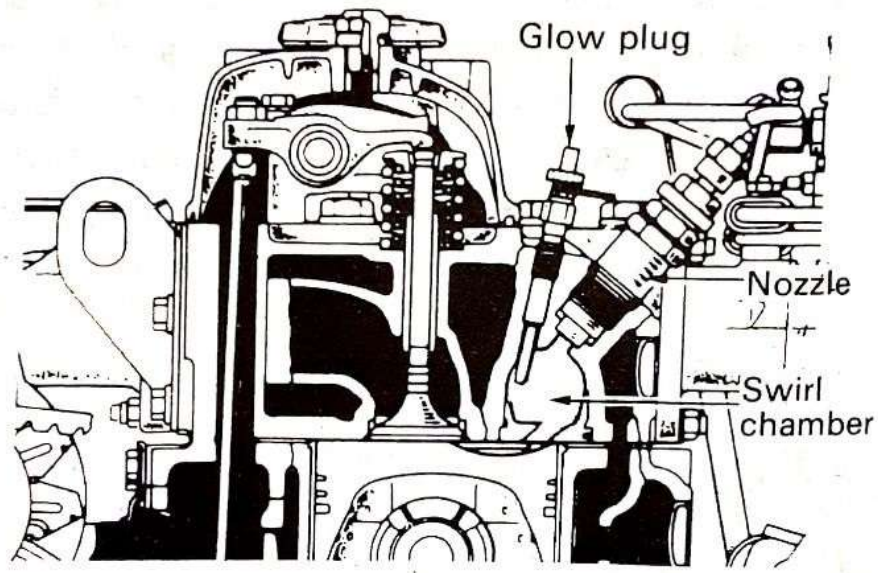
Gambar Ruang Bakar Kamar Depan

Keuntungan ruang bakar kamar depan adalah: (1) jenis bahan bakar yang digunakan lebih luas, karena turbulensinya sangat baik untuk pengabutan, (2) pemeliharaan lebih mudah karena tekanan injeksi bahan bakar relatif lebih rendah dan mesin tidak begitu peka terhadap perubahan *timing injection*, dan (3) diesel *knock* dapat dikurangi dan kerja mesin lebih tenang karena menggunakan *throttle type nozzle*.

Kerugian ruang bakar kamar depan adalah: (1) biaya pembuatan lebih tinggi sebab bentuk silinder lebih rumit, (2) diperlukan starter yang lebih besar (starter mesin sulit, oleh karenanya diperlukan *glow plug*), dan (3) pemakaian bahan bakar relatif lebih boros.

b. Ruang Bakar Putar (*Swirl Chamber*)

Ruang bakar model putar ini berbentuk bundar. Ketika torak memampatkan udara, sebagian udara akan masuk ke dalam ruang bakar putar dan membuat aliran turbulensi. Bahan bakar diinjeksikan ke dalam udara turbulensi dan terbakar di dalam ruang bakar putar, tetapi sebagian bahan bakar yang belum terbakar masuk ke ruang bakar utama melalui saluran tersebut. Selanjutnya campuran tersebut akan terbakar di ruang bakar utama.



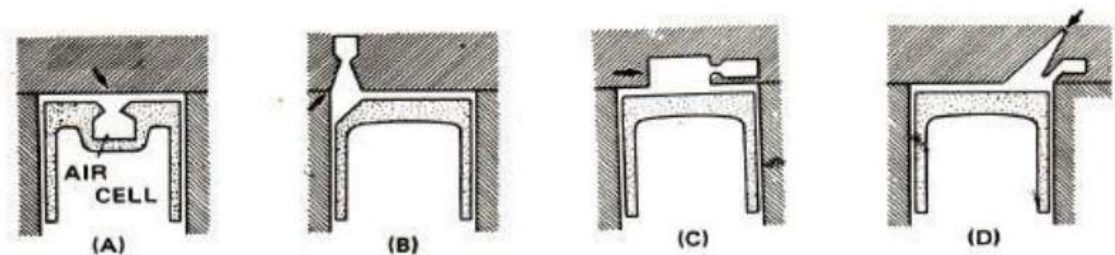
Gambar Ruang Bakar Pusar

Keuntungan ruang bakar pusar adalah: (1) dapat dicapai kecepatan mesin yang tinggi, karena turbulensi kompresinya tinggi, (2) Gangguan pada nozzle lebih kecil karena menggunakan nozzle tipe pin, dan (3) tingkat kecepatan mesin lebih luas dan pengoperasian yang halus membuatnya banyak digunakan untuk kendaraan penumpang.

Kerugian ruang bakar pusar adalah: (1) konstruksi *cylinder head* dan *cylinder block* rumit, (2) efisiensi panas dan konsumsi bahan bakar lebih buruk daripada sistem injeksi langsung, (3) menggunakan busi pijar (tetapi ini kurang efektif untuk *swirl chamber* yang besar, karena mesin tidak mudah distart), dan (4) diesel *knock* akan lebih besar pada kecepatan rendah.

c. Ruang Bakar Air Cell (*Air Cell Combustion Chamber*)

Pada ruang bakar air cell ini bahan bakar disemprotkan langsung ke dalam air cell dan terbakar langsung di ruang bakar utama. Sebagian bahan bakar yang disemprotkan ke air cell dan terbakar, mengakibatkan tekanan dalam air cell bertambah. Bila torak bergerak ke TMB, udara dalam air cell keluar ke ruang bakar utama membantu menyempurnakan pembakaran. Pada ruangbakar ini tidak memerlukan pemanas.



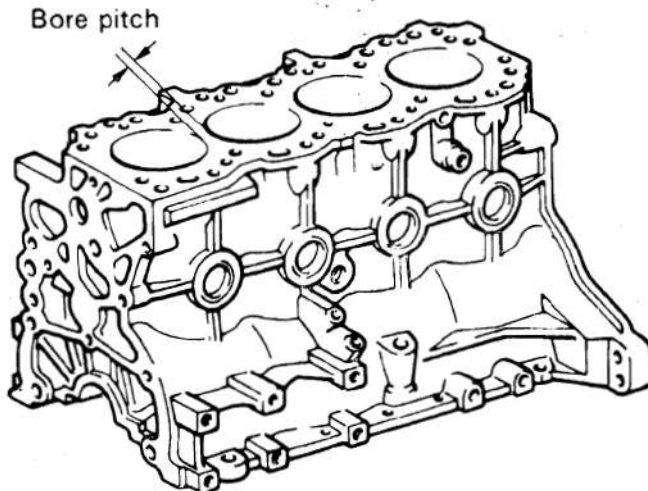
Gambar Ruang Bakar Air Cell

Keuntungan ruang bakar air cell adalah: (1) mesin bekerja lebih lembut karena pembakaran terjadi secara berangsur-angsur, (2) tidak memerlukan pemanas, (3) gangguan *nozzle* berkurang karena menggunakan *nozzle* tipe pin.

Kerugian ruang bakar air cell adalah: (1) saat injeksi bahan bakar sangat mempengaruhi kemampuan mesin, (2) suhu gas buang sangat tinggi karena pembakaran lanjut sangat panjang, dan (3) bahan bakar boros.

G. KELENGKAPAN MESIN DIESEL

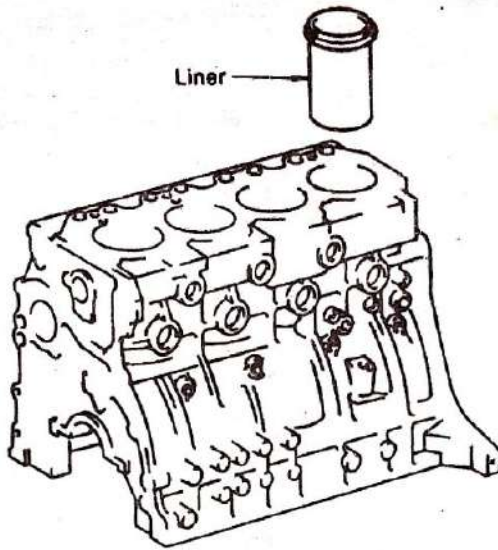
1. Cylinder Block



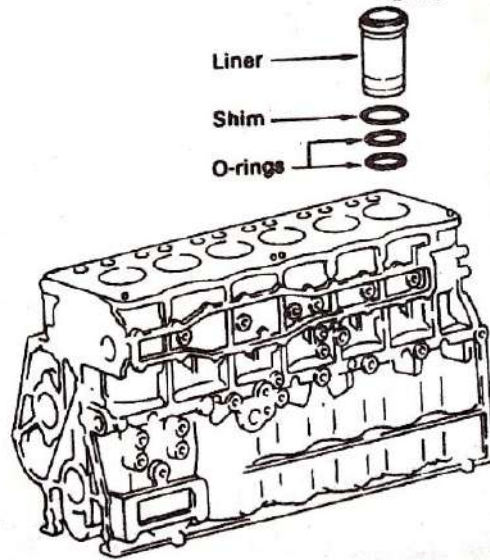
Terbuat dari besi tuang biasa atau khusus, direncanakan dengan kekuatan yang lebih besar daripada mesin bensin. Selain itu, juga tahan terhadap temperatur tinggi, tekanan dan getarannya lebih tinggi, sehingga menjadi lebih berat. Piston meluncur didalam *cylinder liner* (jenis basah atau kering). Perkembangan saat ini *block* dibuat dari paduan khusus yang tahan terhadap keausan (*liner* tidak lagi

dibutuhkan) sehingga *cylinder bore* bisa dirancang lebih kecil untuk mengurangi ukuran dan berat mesin.

Tipe silinder termasuk tipe tanpa liner dimana blok silindernya dimachine dan ada tipe liner silinder yang dimasukkan dalam blok silinder. *Cylinder liner* ada dua tipe, yaitu tipe basah dan kering.



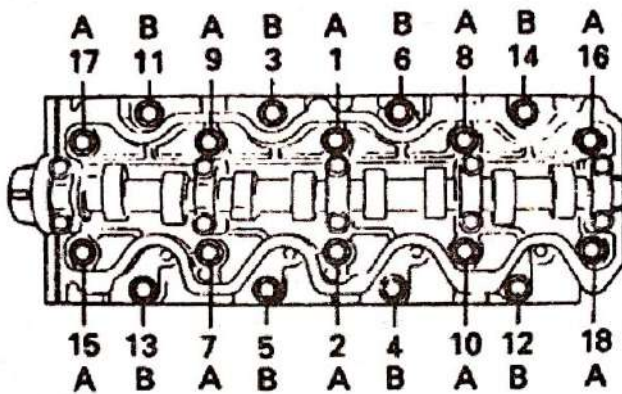
DRY TYPE



WET TYPE

2. Cylinder Head

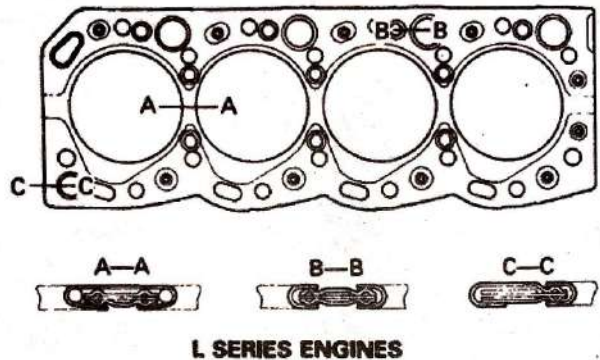
Cylinder head dilengkapi ruang bakar yang lebih kecil dari pada mesin bensin, karena perbandingan kompresinya lebih tinggi. *Cylinder head* dibuat lebih berat dan tahan terhadap tekanan pembakaran yang tinggi dan getaran. Antara *cylinder head* dan *cylinder block* pada mesin diesel dihubungkan dengan baut yang lebih banyak dari pada mesin bensin.



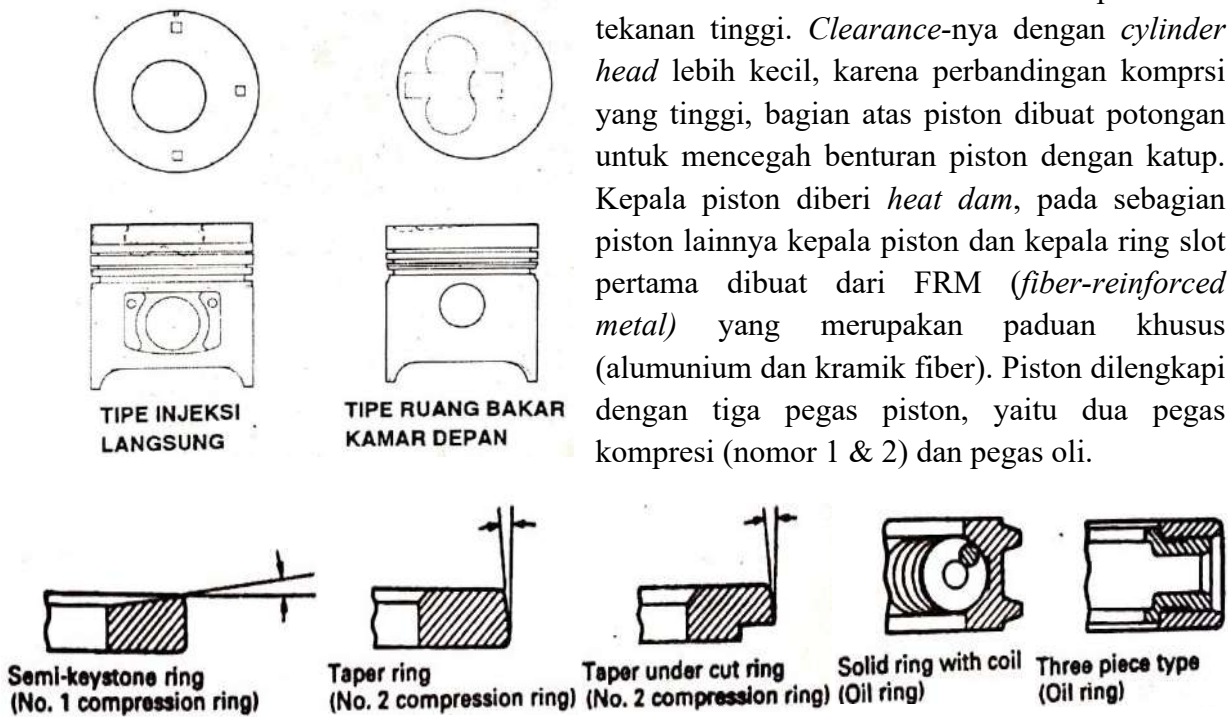
dan (B) 123 mm.

Untuk menyempurnakan daya tahan gasket kepala silinder terhadap kebocoran gas pembakaran, desawa ini banyak menggunakan tipe gasket kepala silinder *steel laminated*. Untuk memilih ketebalan gasket maka dilakukan pengukuran besarnya tonjolan dari atas piston terhadap blok silinder atas.

Umumnya ada dua cara pengerasan baut. Metode pertama baut dikeraskan bagian yang elastis (*elastic region*), ini metode konvensional. Metode lainnya yaitu pengerasan baut *plastic region*. Pada beberapa mesin, baut kepala silinder dan *cap bearing connecting rod* dikeraskan dengan cara pengerasan *plastic region*. Panjang baut kepala silinder (A) 145 mm



3. Piston

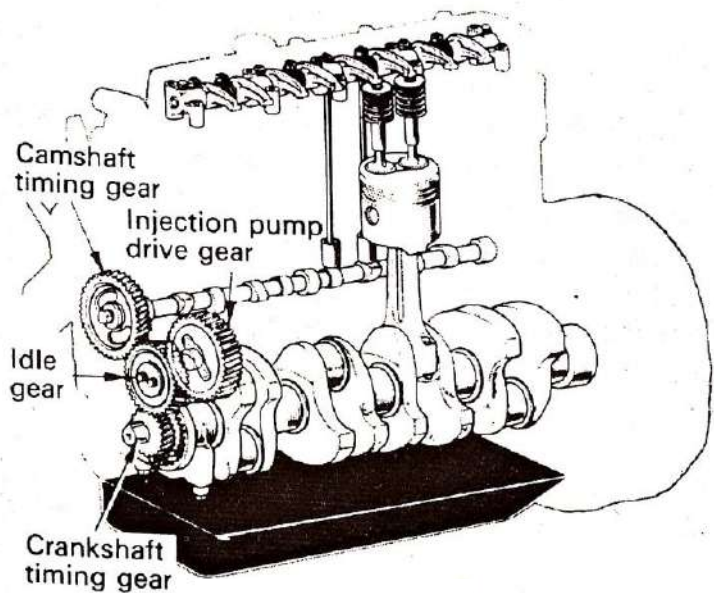


Piston mesin diesel dibuat lebih tahan panas dan tekanan tinggi. *Clearance*-nya dengan *cylinder head* lebih kecil, karena perbandingan kompresi yang tinggi, bagian atas piston dibuat potongan untuk mencegah benturan piston dengan katup. Kepala piston diberi *heat dam*, pada sebagian piston lainnya kepala piston dan kepala ring slot pertama dibuat dari FRM (*fiber-reinforced metal*) yang merupakan paduan khusus (aluminium dan kramik fiber). Piston dilengkapi dengan tiga pegas piston, yaitu dua pegas kompresi (nomor 1 & 2) dan pegas oli.

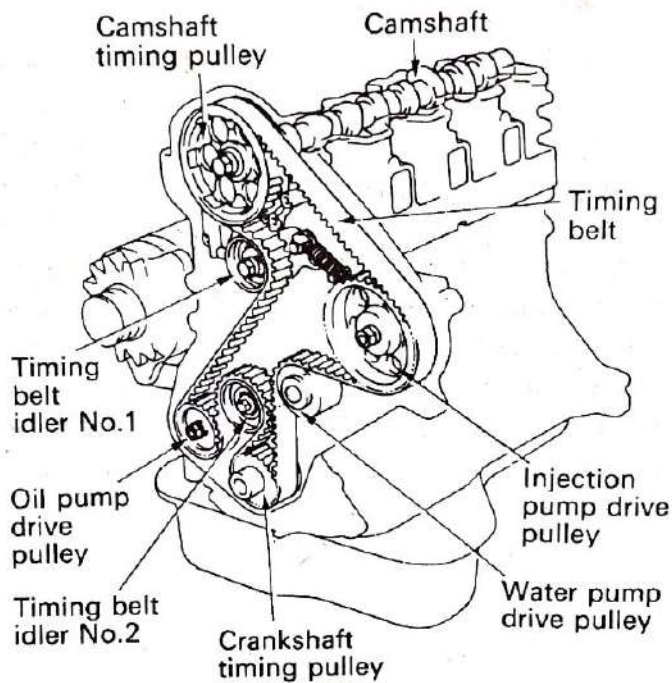
4. Timing Gear atau Timing Belt

Timing gear set atau *belt* yang ada pada bagian depan *cylinder block* menggerakkan *injection pump*. *Camshaft timing gear* lebih banyak digunakan pada mesin diesel, tetapi kadang menggunakan *timing belt*.

Pada sebagian mesin diesel, *crankshaft timing gear* memutar *camshaft timing gear* secara langsung. *Crankshaft timing gear* memindahkan tenaganya ke *drive gear injection pump* melalui *idle gear*. *Timing gear* mempunyai *timing mark* (tanda) agar pemasangannya dapat dilakukan dengan tepat. *Timing gear* dibuat dari baja karbon atau baja khusus lainnya dengan pengerasan pada permukaannya setelah *machining*. *Gear*-nya dibuat dengan bentuk *helical gear teeth* dan bersinggungan secara halus.



Gambar Timing Gear

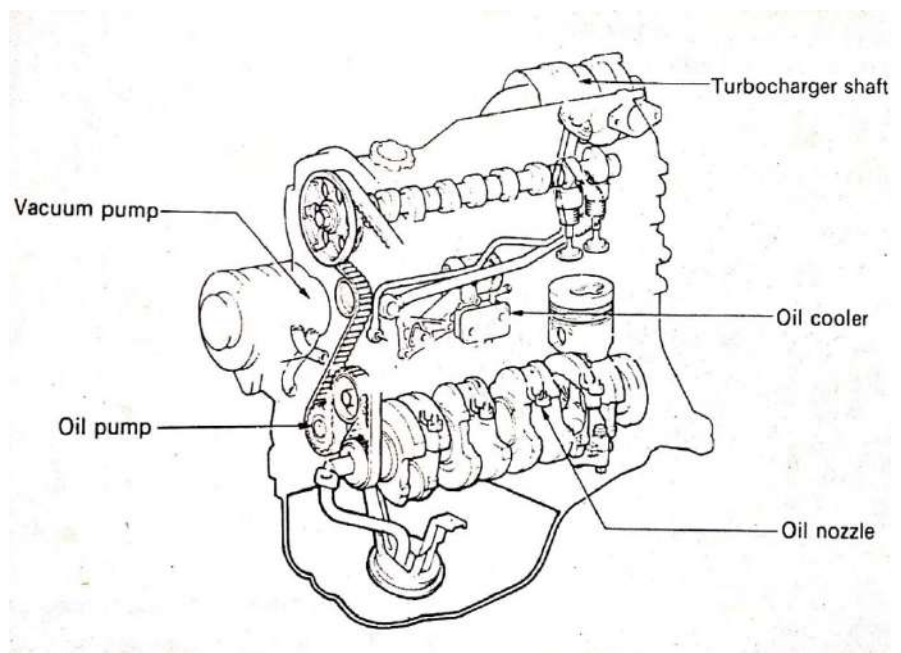


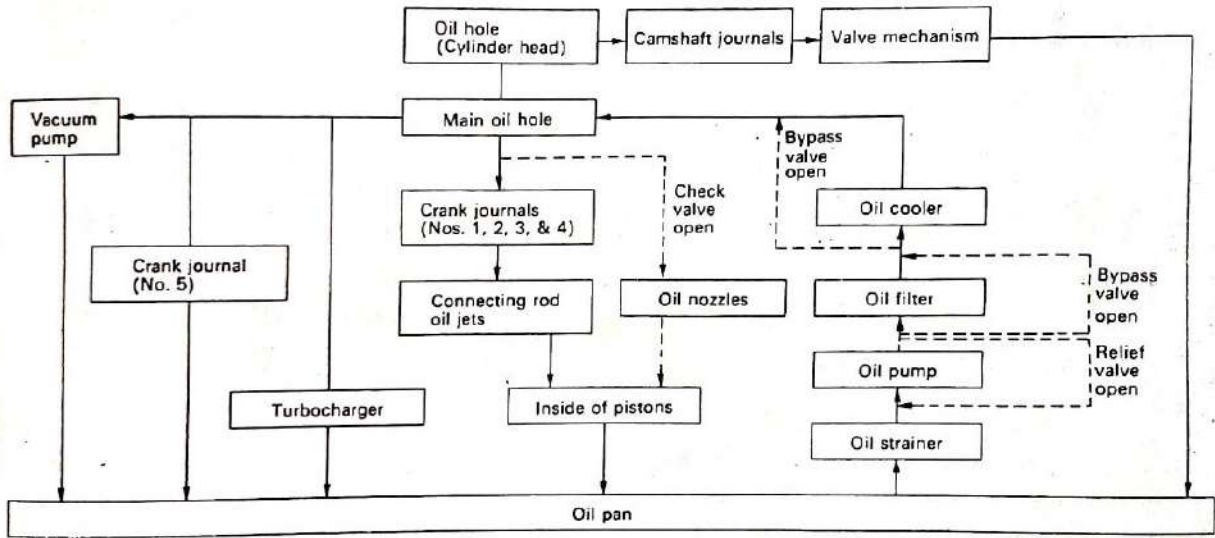
Gambar Timing Belt

Sedangkan *timing belt*, dibuat dari karet tahan panas dengan inti kuat dan tidak elastis. *Gear*-nya dilapisi dengan kanvas tahan gesekan. Kekerasan *timing belt* disetel dengan *timing belt idler* no. 1, dan kekerasan awalnya ditentukan oleh kekuatan *tension spring*. Beberapa kendaraan diesel dilengkapi dengan lampu peringatan penggantian *timing belt* yang akan menyala pada setiap 100.000 km. Setelah penggantian, lepaskan *grom net* (dibawah *speedometer*) dan tekan *knop* penyetal lampu isyarat.

H. SISTEM PELUMASAN

Sistem pelumasan mesin diesel dasarnya sama dengan mesin bensin. Mesin diesel lebih banyak menghasilkan karbon selama pembakaran, jadi memerlukan filter oli yang dirancang khusus. Sistem pelumasan mesin diesel dilengkapi dengan *oil cooler* untuk mendinginkan oli pelumas karena temperatur kerjanya tinggi dan bagian-bagian yang berputar kerjanya lebih berat.





1. Filter Oli Dua Elemen (*Twin-element Oil Filter*)

Mesin diesel umumnya menggunakan filter dua elemen yang terdiri dari elemen aliran penuh dan elemen *by-pass*. Elemen aliran penuh menyaring kotoran-kotoran yang mempengaruhi kerja bagian-bagian mesin (yang berputar) ditempatkan antara *oil pump* dan mesin. Elemen *by-pass* menyaring lumpur dan kerak karbon yang tercampur dengan minyak pelumas ditempatkan antara *oil pump* dengan *oil pan* dan mesin.

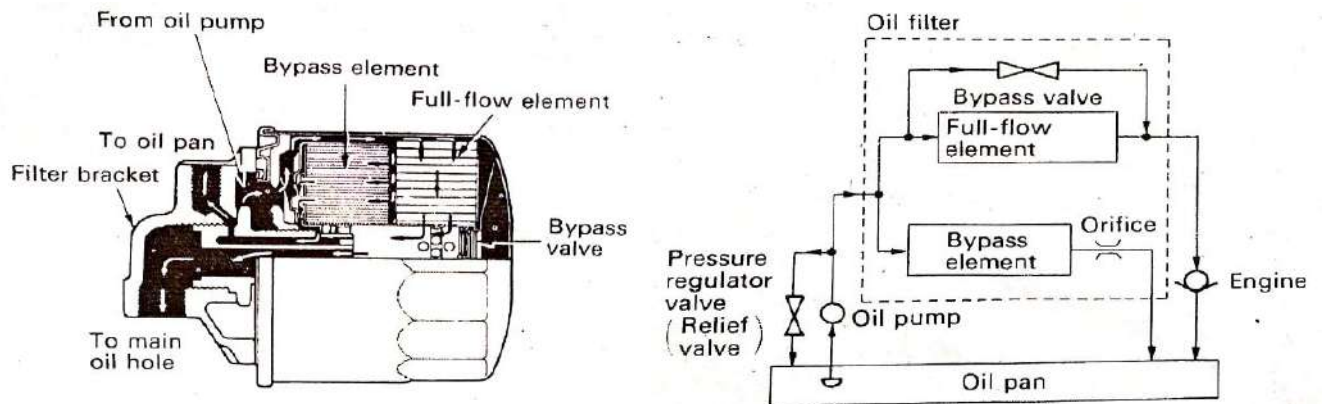
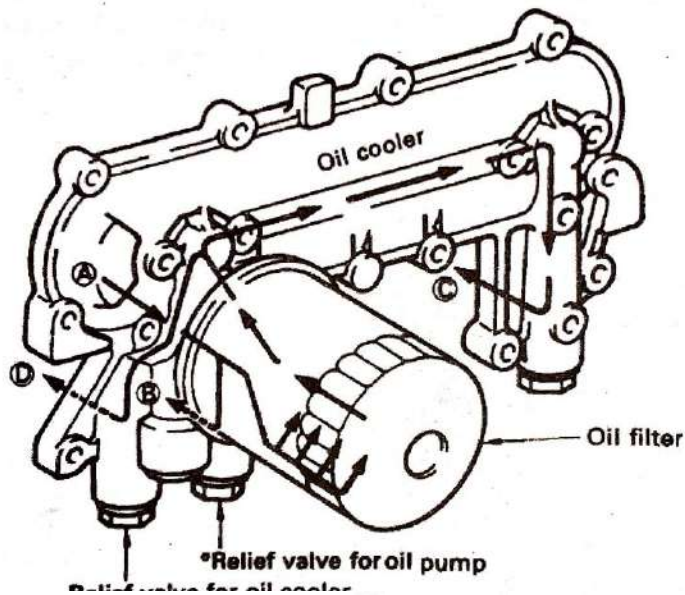


DIAGRAM ALIRAN OLI

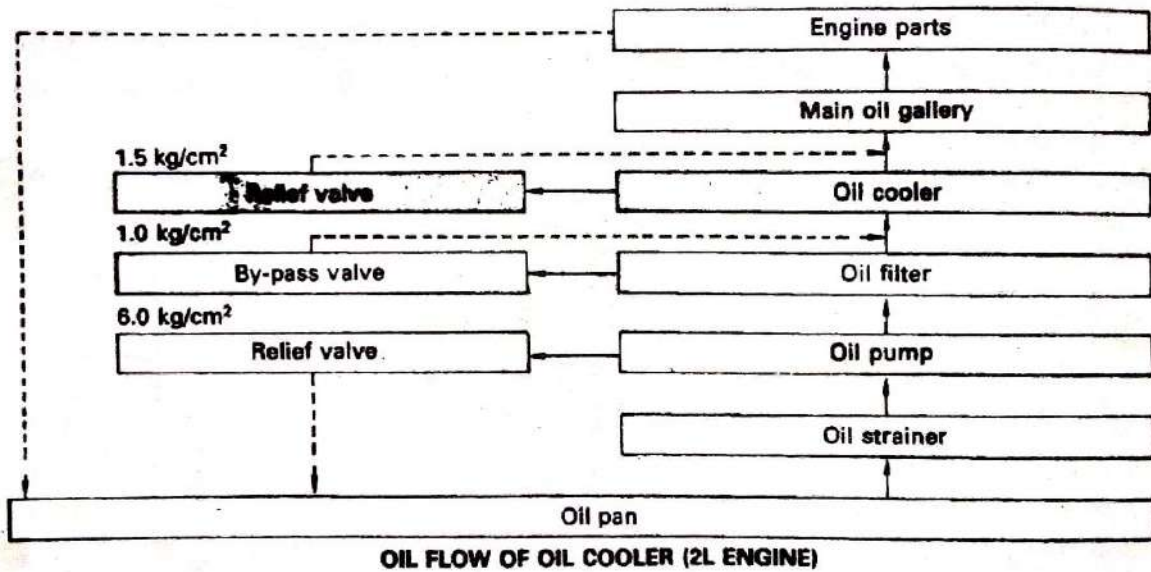
2. Pendingin Oli (*Oil Cooler*)

Pada mesin diesel oli didinginkan oleh air pendingin. Semua aliran oli dari pompa ke *oil cooler* (pendingin oli) dimana oli tersebut didinginkan. Setelah didinginkan kemudian dialirkan ke masing-masing komponen mesin.

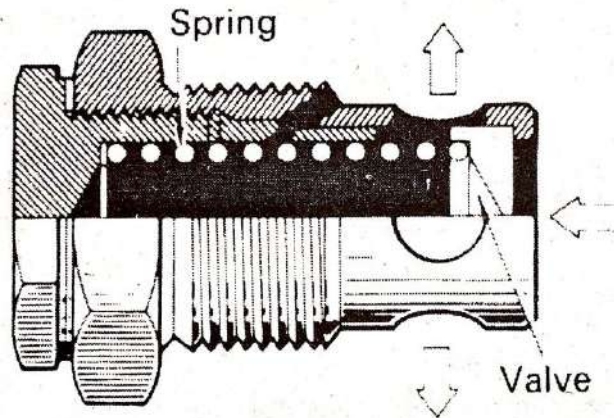


- (A) : dari pompa oli
- (B) : ke oil pan
- (C) : ke serambi utama oli
- (D) : ke serambi utama oli (main oil gallery)

* Relief valve ini tidak dipasangkan dalam mesin seri yang baru, sebab relief valve dipasangkan pada pompa oli.



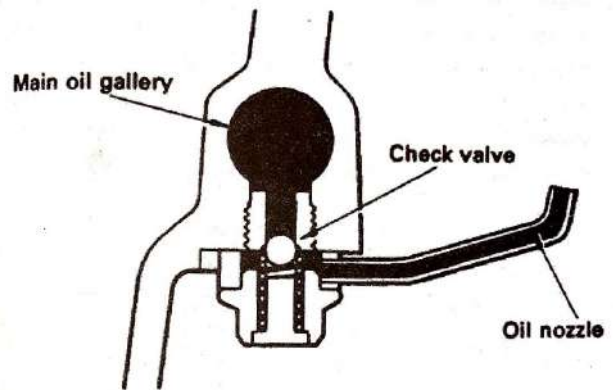
Relief valve dipasangkan untuk mencegah kerusakan pada pendingin oli yang disebabkan bertambahnya kekentalan oli saat temperatur rendah. Ketika tekanannya berbeda antara saluran masuk dan saluran keluar dari pendingin oli naik $\pm 1,5 \text{ kg/cm}^2$ atau lebih, *relief valve* akan membuka dan oli akan mengalir dari *bypass* pompa oli, pendingin oli dan mengalir ke komponen mesin lainnya.



Gambar Katup Bypass (Tertutup)

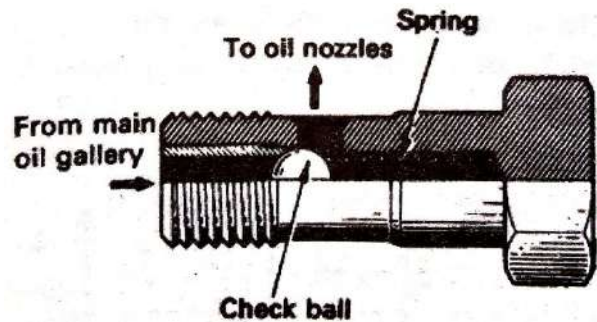
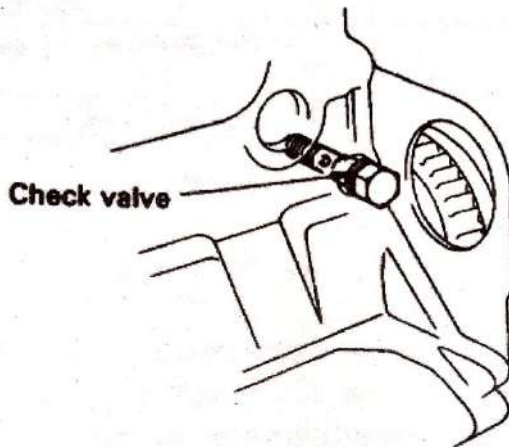
3. Nosel Oli

Banyak mesin diesel, nosel oliya dipasang di dalam blok silinder untuk mendinginkan bagian dalam piston. Sebagian aliran oli dari serambi utama oli (*main oil gallery*) dalam blok silinder tepat melalui *check valve* dan diinjeksikan yang bertekanan rendah dari nosel oli untuk mendinginkan bagian dalam piston.



OIL NOZZLE (2L ENGINE)

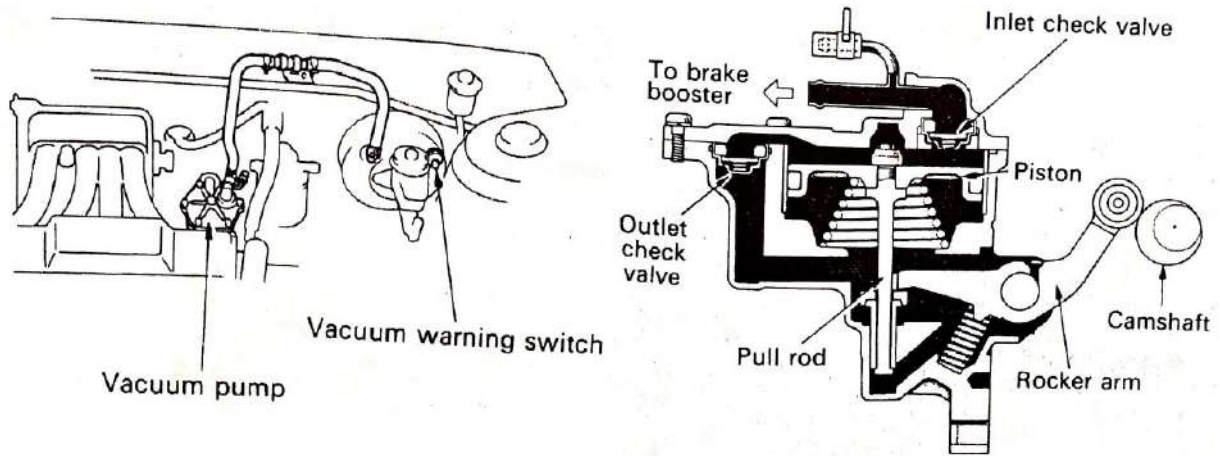
Sebuah pegas dan check ball terdapat didalam *check valve*, bertugas untuk memutuskan pengiriman oli ke nosel oli, apabila tekanan oli rendah dibawah $\pm 1,4 \text{ km/cm}^2$. Hal ini untuk mencegah tekanan oli dalam sirkuit pelumasan turun terlalu rendah.



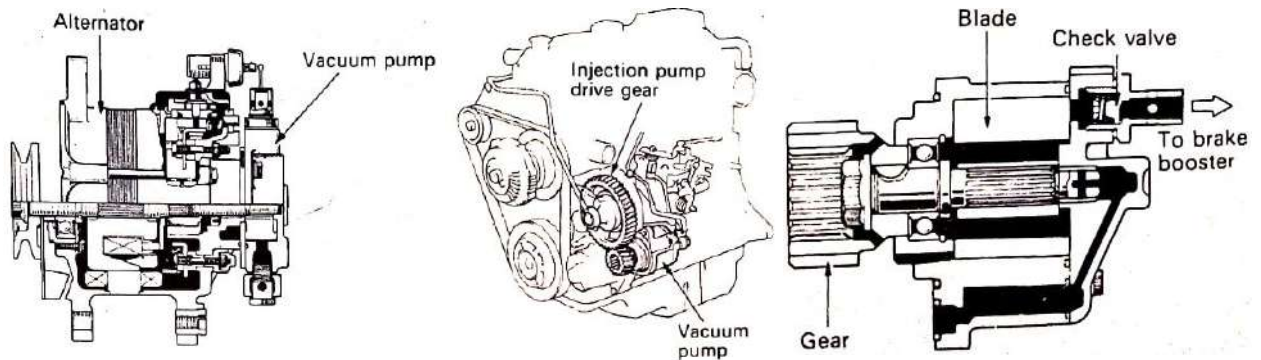
Gambar Check Valve

I. SISTEM INTAKE DAN EXHAUST

Bila dibandingkan dengan mesin bensin, kevakuman *intake manifold* mesin diesel jauh lebih rendah. Oleh sebab itu, kendaraan yang bermesin diesel memerlukan pompa vakum untuk *booster* rem. Ada dua macam pompa vakum, yaitu tipe *vane* (dipasang pada bagian belakang alternator atau dibawah *injection pump*) dan tipe *piston* (dipasang langsung pada mesin), tergantung pada tipe mesin.



Gambar Pompa Vakum Tipe Piston



Gambar Pompa Vakum Tipe Vane

J. SISTEM BAHAN BAKAR

Pada sistem bahan bakar mesin diesel, *feed pump* menghisap bahan bakar dari tangki bahan bakar. *Fuel filter* menyaring bahan bakar dan *fuel sedimenter* memisahkan kandungan air yang terdapat pada bahan bakar.

Injection pump assembly terdiri dari *injection pump*, *governor*, *timer* dan *feed pump*. Ada dua tipe *injection pump*, yaitu tipe distributor dan tipe *in-line*. Dengan digerakkan oleh mesin, *injection pump* menekan bahan bakar dan mengalirkannya melalui *delivery line* ke *injection nozzle*, selanjutnya diinjeksikan ke dalam silinder menurut urutan pengapian.

1. Filter Bahan Bakar dan Water Sedimenter

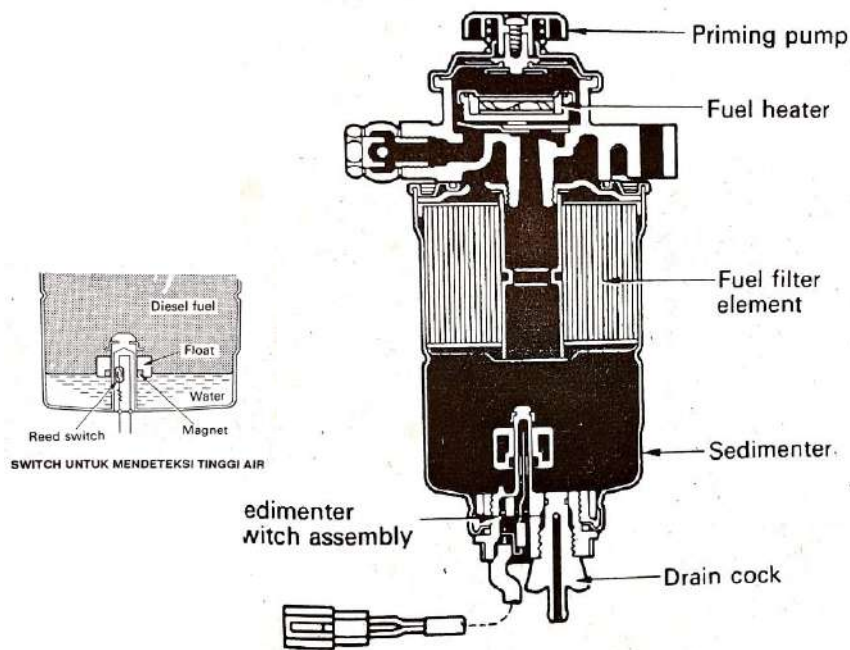
Penyaringan bahan bakar mesin diesel sangat penting karena bahan bakar diesel cenderung tidak bersih baik dari kotoran partikel atau dari air, sedangkan elemen pompa injeksi dan injector dibuat presisi (1/1000 mm atau 1/4 In). Kemampuan mesin sangat

terpengaruh bila bahan bakar tercampur debu atau air. Filter bahan bakar digunakan untuk menyaring debu, sedangkan untuk memisahkan air dari bahan bakar digunakan *water sedimenter* yang bekerja atas sifat gravitasi air sendiri yang lebih besar dari pada bahan bakarnya.

a. Untuk *Injektion Pump* Tipe Distributor

Filter bahan bakarnya kebanyakan digabung dengan *priming pump* dan *water sedimenter*. *Priming pump* bertugas menghisap bahan bakar dari tangki saat mengeluarkan udara palsu dari sistem bahan bakar (dilengkapi pengunci agar tidak bekerja selama motor hidup).

Water sedimenter memisahkan air dari bahan bakar dengan memanfaatkan berat jenis. Bila tinggi air dan pelampung mencapai ketinggian *water detection switch* (*reed switch*) magnet didalam pelampung akan menghubungkan *swicth*, dan lampu indikator akan menyala.

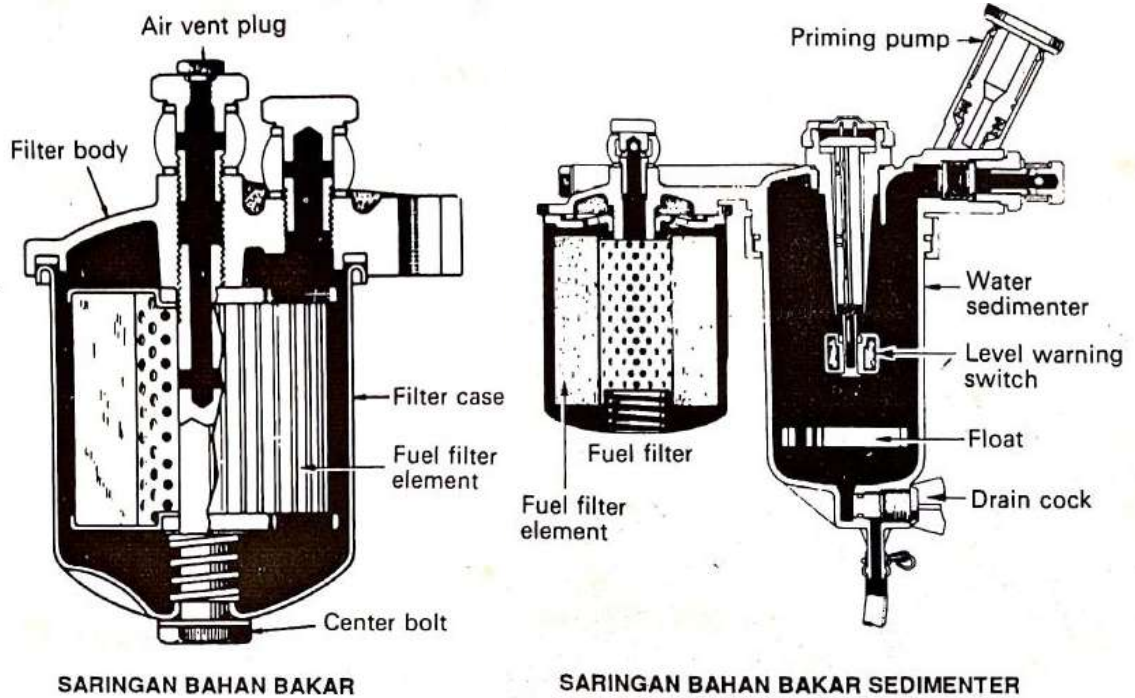


Gambar Fuel Filter Dan Water Sedimenter untuk Injektion Pump Distributor

b. Untuk *Injektion Pump* Tipe In-Line

Filternya menggunakan elemen kertas, bagian atas *body* filter terdapat sumbat ventilasi udara yang dipergunakan untuk mengeluarkan udara yang mungkin dapat tercampur dengan bahan bakar. *priming pump*-nya satu unit dengan *feed pump* yang dipasangkan pada bodi *injection pump*.

Water sedimenter yang digunakan tipenya sama dengan pada tipe distributor dan dipasang terpisah dari saringan bahan bakar.



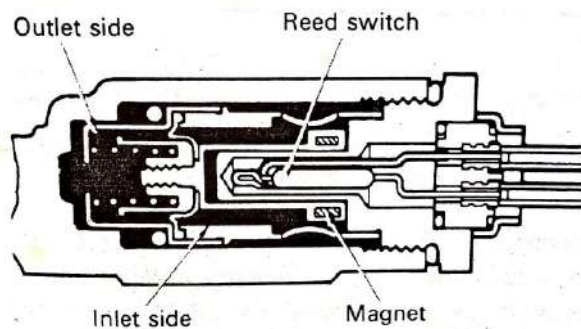
Gambar Fuel Filter Dan Water Sedimenter untuk Injection Pump In-line

2. Pemanas Bahan Bakar

Untuk mencegah lilin yang terkandung dalam bahan bakar membeku pada suhu rendah dan menyumbat filter. Bagian utama pemanas bahan bakar, yaitu elemen pemanas dan *vacuum switch*.

a. Vacuum Switch

Dipasang pada bagian atas fuel filter untuk menghindari perbedaan tekanan bagian *inlet* dan *outlet*. Bila perbedaan tekanan lebih besar dari ketentuan, magnet akan bergerak ke arah bagian *outlet* dan menghubungkan *reed switch*. Akibatnya, arus listrik mengalir melalui elemen pemanas bahan bakar.



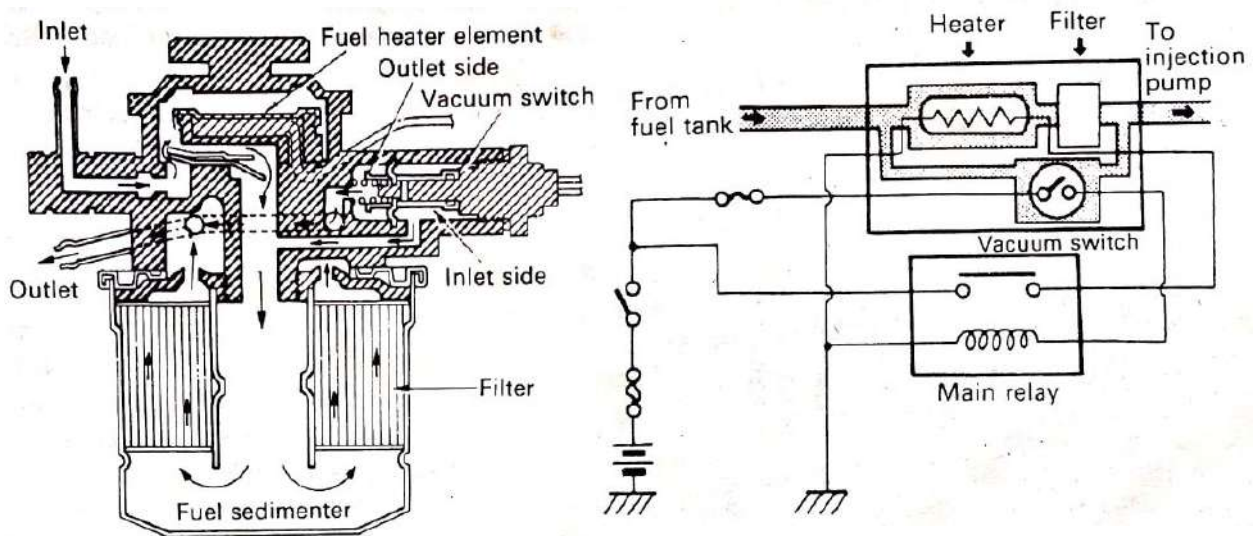
Gambar Vacuum Switch

b. Elemen Pemanas Bahan Bakar

Dipasangkan didalam *fuel housing*, memanaskan hausing dan selanjutnya bahan bakar mengalir melalui *housing*. Terbuat dari bahan keramik yang tahanannya dapat naik tajam bula temperaturnya naik sehingga dapat digunakan sebagai alat kontrol temperatur.

c. Cara Kerja

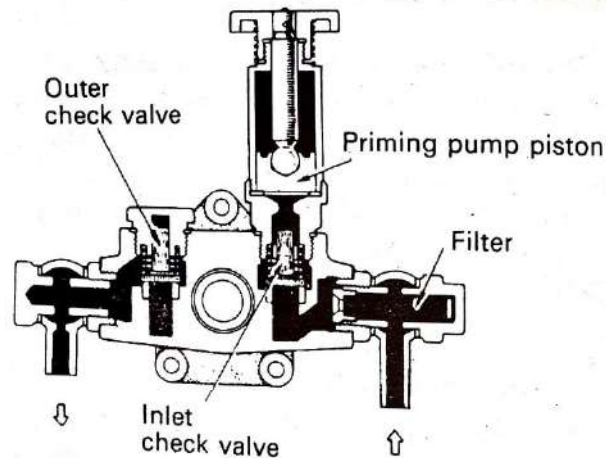
Lilin yang terkandung pada bahan bakar akan memadat sebagian saat temperatur rendah dan menyumbat filter, akibatnya terjadi perbedaan tekanan bahan bakar pada bagian *inlet* dan *outlet*. Bila perbedaan lebih dari 150 mmHg, *vacuum switch* ON dan mengalirkan arus listrik melalui elemen pemanas yang akan mencairkan lilin sehingga tidak menyumbat filter. Bila perbedaan tekanan turun dibawah 120 mmHg, maka *vacuum switch* OFF menghentikan aliran arus listrik ke elemen pemanas bahan bakar.



Gambar Skema Diagram Sirkuit Sistem Pemanas BB

3. Feed Pump (untuk pompa injeksi tipe In-line)

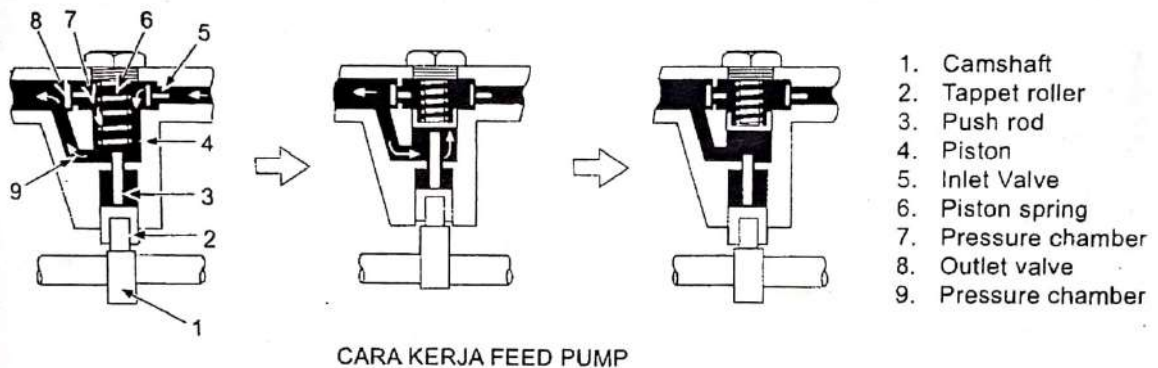
Berfungsi untuk mengisap bahan bakar dari tangki dan menekannya ke pompa melalui *fuel filter*. *Feed pump* merupakan pompa kerja tunggal (*single acting*) yang dipasang pada sisi pompa injeksi dan digerakkan oleh *camshaft* pompa injeksi. Selain itu, juga dilengkapi dengan manual pump untuk membuang udara dari saluran bahan bakar sebelum mesin dihidupkan (bila diperlukan). Ruang bahan bakar pada pompa injeksi harus selalu terisi dalam jumlah cukup, namun saat kecepatan tinggi *fuel pump* tidak mampu mencukupi suplai bahan bakar. Untuk itu, perlu pengiriman bahan bakar ke pompa injeksi dengan tekanan tertentu (1,8-2,2 kg/cm^2 atau 25-31 psi).



Gambar Feed Pump

Cara Kerja:

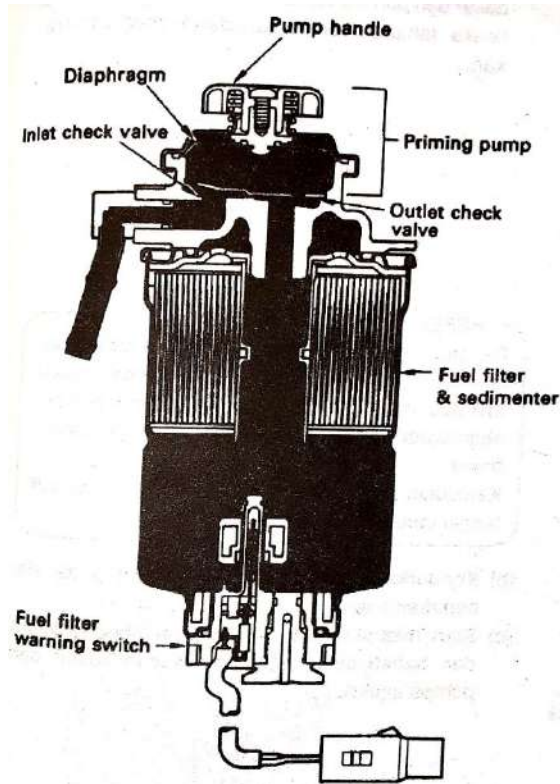
Pada saat camshaft (1) tidak mendorong tappet roller (2), piston (4) mendorong push rod (5) ke bawah karena adanya tegangan piston spring (6). Pada saat itu, volume pada pressure chamber (7) membesar dan membuka inlet valve (5) untuk menghisap bahan bakar. Camshaft terus berputar, kadang mendorong piston melalui tappet roller dan push rod. Naiknya piston menekan bahan bakar di dalam pressure chamber, menutup inlet valve (8) dan bahan bakar dikeluarkan dengan tekanan. Sebagian memasuki pressure chamber (9) yang terletak dibelakang piston. Bila tekanan bahan bakar (pengeluaran) di belakang piston naik mencapai $1,8-2,2 \text{ kg/cm}^2$ (25-31 psi) maka tegangan pegas tidak cukup kuat untuk menurunkan piston. Akibatnya, piston tidak dapat bergerak bola-balik dan pompa berhenti bekerja.



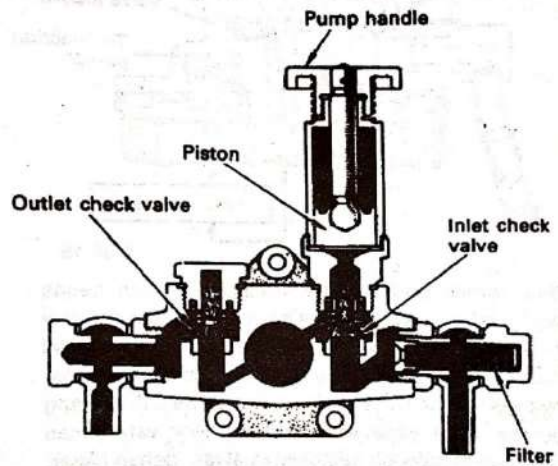
CARA KERJA FEED PUMP

4. Priming Pump (untuk pompa injeksi tipe distributor)

Digunakan untuk membuang udara dari sistem bahan bakar sebelum mesin dihidupkan. Sebenarnya ada 2 tipe priming pump, yaitu untuk pompa injeksi tipe distributor dan untuk pompa injeksi tipe *in-line*, namun dalam modul ini hanya akan menjelaskan priming pump untuk distributor tipe distributor.



**PRIMING PUMP
(FOR DISTRIBUTOR TYPE INJECTION PUMP)**

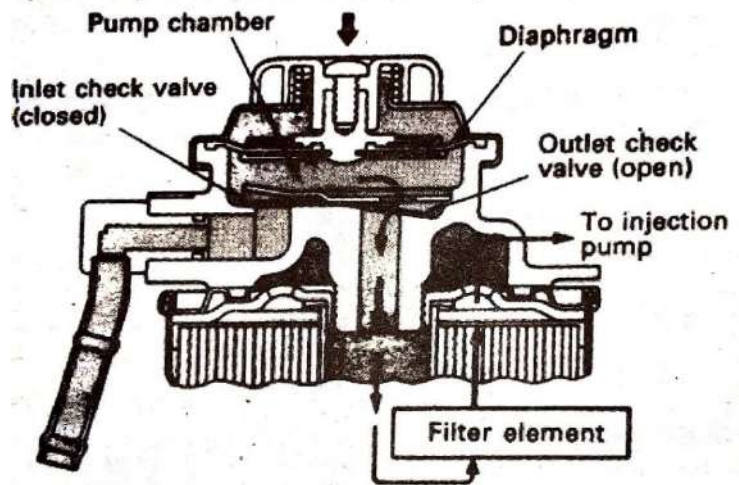


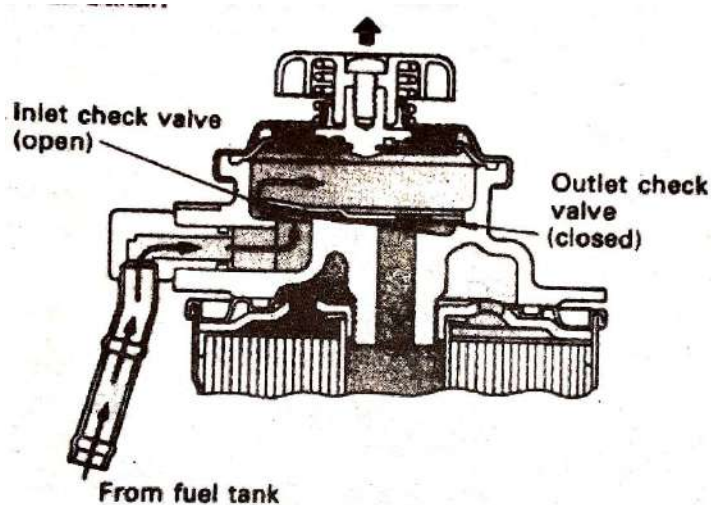
**PRIMING PUMP
(FOR IN-LINE TYPE INJECTION PUMP)**

Gambar Tipe Priming Pump

Cara kerja:

Tekan *handle* pompa diafragma ke bawah dan bahan bakar atau udara dalam ruang pompa akan membuka *outlet check valve* dan mengalir ke saringan bahan bakar. Pada saat yang sama *inlet check valve* akan menutup dan mencegah bahan bakar mengalir kembali. Lihat gambar!

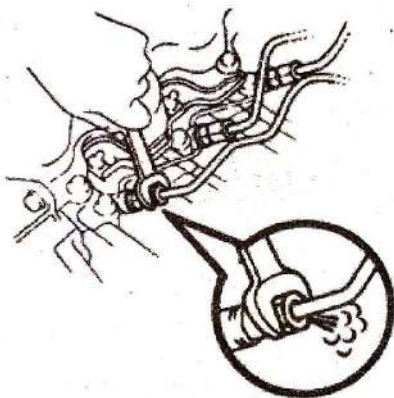
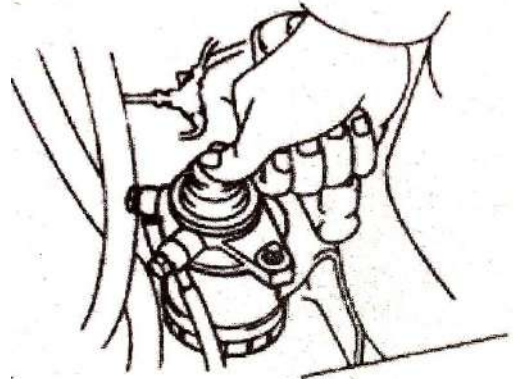




Bila *handle* pompa dibebaskan, tegangan pegas mengembalikan diafragma ke posisi semula dan menimbulkan vakum di dalam ruang pompa. Hal tersebut menyebabkan *inlet valve* terbuka disebabkan adanya kevakuman dan bahan bakar akan mengalir ke dalam ruang pompa. Pada saat yang sama *outlet valve* akan menutup mencegah kembalinya aliran

bahan bakar. Bekerjanya turun dan naik dengan berulang-ulang dan menyebabkan bahan bakar dikirim ke saringan bahan bakar. Lihat gambar!

Membuang udara keluar dari sistem dengan mengoperasikan priming pump. Saringan bahan bakar dan pompa injeksi akan penuh bahan bakar ketika tahanan pompa naik, dan kemudian hentikan. Dengan digerakkannya priming pump, udara dalam filter atau pompa injeksi mengalir melalui pipa pembalik dengan bahan bakar dan mengalir melalui tangki bahan bakar. Kemudian udara akan keluar dari sistem melalui tangki bahan bakar.



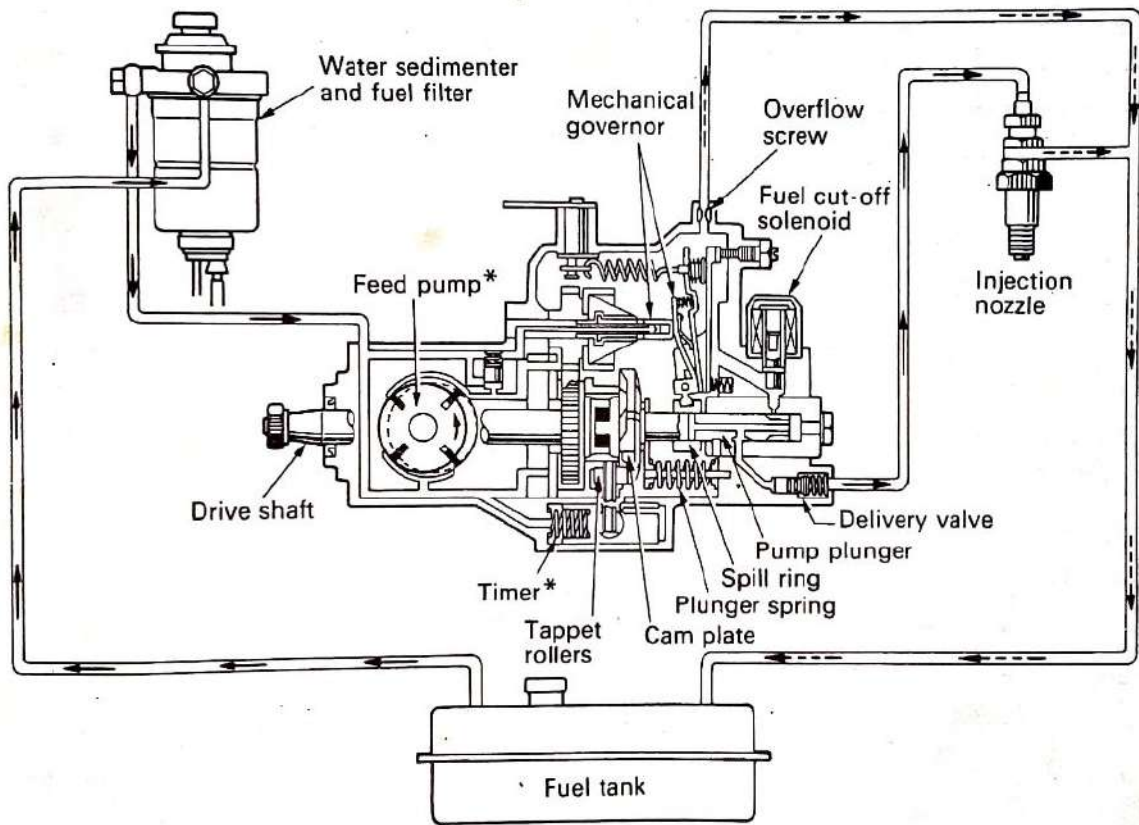
Kendorkan semua mur pipa union pada sisi penahan nosel. Start/ hidupkan mesin untuk membuang udara dan bahan bakar yang bertekanan keluar dari pompa injeksi.

5. Pompa Injeksi

Berfungsi untuk menekan bahan bakar dengan tekanan yang cukup melalui kerja elemen pompa. Ada dua tipe injection pump, yaitu tipe distributor dan tipe in-line.

a. Injection Pump Tipe Distributor

Pompa injeksinya hanya memiliki satu buah elemen pompa, sehingga satu elemen pompa akan melayani empat buah silinder mesin diesel melalui saluran distribusi pada pompa. Tipe ini banyak digunakan untuk mesin diesel bertenaga menengah dan kecil dengan ruang bakar tambahan.



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

Gambar Aliran Bahan Bakar Pompa Injeksi Tipe Distributor

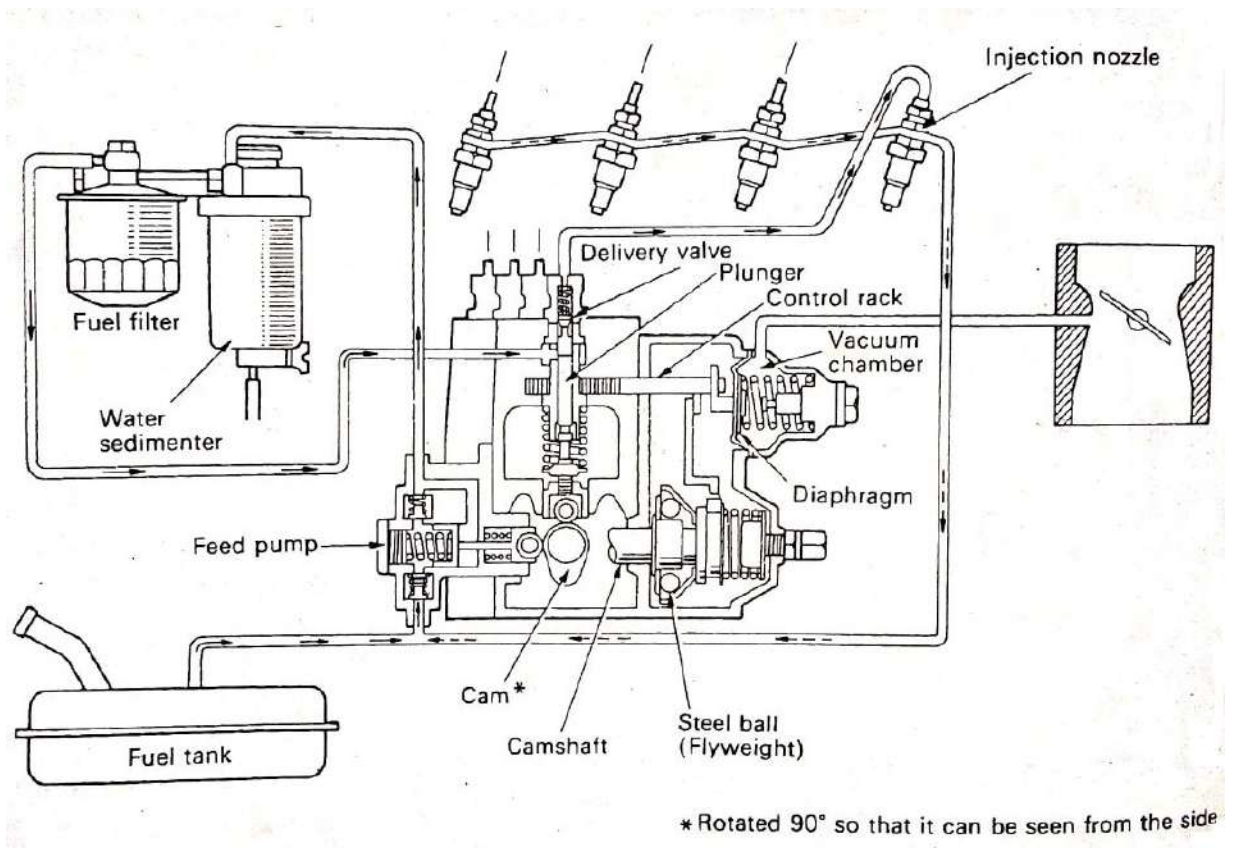
Bahan bakar diesel dibersihkan oleh *water sedimenter* dan filter bahan bakar, dan ditekan ke rumah *injection pump* oleh *vane type feed pump* yang mempunyai empat buah *vane*. Bahan bakar melumasi komponen pompa pada saat mengalir ke *pump plunger*. Sebagian bahan bakar kembali ke tangki melalui *overflow screw* sambil mendinginkan bagian-bagian pompa yang dilewatinya. *Pump plunger* bergerak lurus bolak-balik sambil berputar karena bergeraknya *drive shaft*, *cam plate*, *tappet roller*, *plunger spring* dan bagian-bagian lain.

Gerakan bolak-balik *plunger* menaikkan tekanan bahan bakar dan menekan bahan bakar melalui *delivery valve* ke *injection nozzle*. *Mechanical governor* mengatur banyaknya bahan bakar yang disemprotkan dari *nozzle* dengan menggerakkan *spill ring* sehingga merubah saat akhir langkah efektif *plunger*.

Fuel injection timing diatur oleh *pressure timer*. *Timer* diatur oleh tekanan pengiriman dari *feed pump*. Posisi *tapped roller* diubah-ubah oleh *timer* untuk mengatur *injection timing*. Mesin mati bila injeksi bahan bakar berakhir. Pada saat *starter switch off*, arus yang mengalir ke *fuel cut-off solenoid* terputus dan saluran bahan bakar tertutup oleh *solenoid plunger*, akibatnya penginjeksian bahan bakar akan berhenti dan mesin akan mati.

b. Injection Pump Tipe In-line

Tipe ini terdiri dari empat elemen pompa yang melayani empat buah silinder, sehingga tiap silinder mesin diesel dilayani oleh satu elemen pompa secara individual. Pompa injeksi sebaris banyak digunakan untuk mesin diesel yang bertenaga besar.



Gambar Aliran Bahan Bakar Pompa Injeksi Tipe In-Line

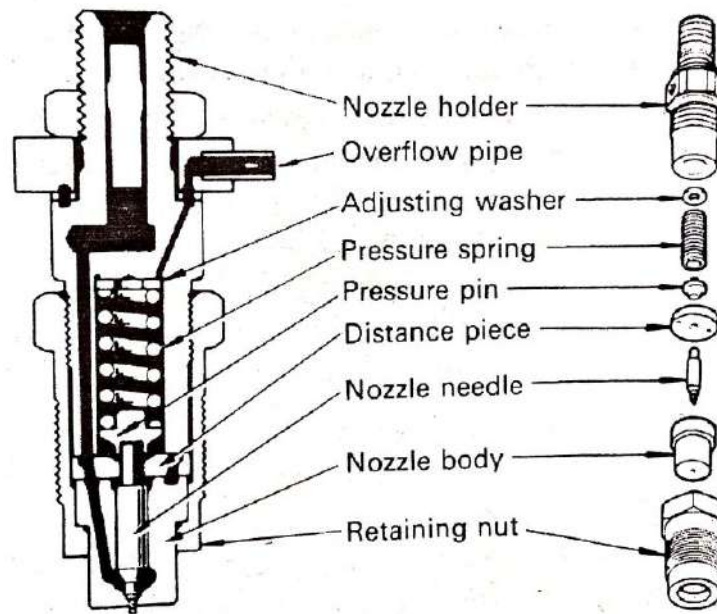
Feed pump menghisap bahan bakar dari tangki, dan menekan bahan bakar yang telah disaring oleh filter ke *injection pump*. Pada tipe ini *cam* dan *plunger* jumlahnya sama dengan jumlah *cylinder* mesin. *Cam* menggerakkan *plunger* sesuai dengan FO mesin. Gerak lurus bolak-balik dari *plunger* ini menekan bahan bakar dan mengalirkannya ke *injection nozzle* melalui *delivery valve*. Tugas *delivery valve*, yaitu mencegah aliran bahan bakar balik dari saluran bahan bakar ke daerah *plunger* dan menghisap bahan bakar dari *injection nozzle* untuk menghentikan injeksi dengan cepat. *Plunger* dilumasi oleh bahan bakar diesel dan *camshaft* oleh minyak pelumas mesin.

Governor mengatur banyaknya bahan bakar yang disemprotkan oleh *injection nozzle* dengan menggeser *control rack*. Ada dua tipe governor, yaitu *simple mechanical centrifugal governor* dan *combined governor* (kombinasi *pneumatic governor* dengan *mechanical centrifugal governor*). Timing injeksi bahan bakar diatur oleh *automatic centrifugal timer*. *Timer* mengatur putaran *camshaft*. Mesin mati jika *control rack* digerakkan ke arah akhir bahan bakar.

6. Injection Nozzle dan Nozzle Holder

Injection nozzle terdiri dari *nozzle body* dan *needle*. *Nozzle* menyemprotkan bahan bakar dari *injection pump* (sejenis katup yang dikerjakan dengan toleransi 1/1000 mm atau 1/4 in) ke dalam *cylinder*. Sehingga, bila *nozzle* diganti maka *nozzle body* dan *needle* harus diganti.

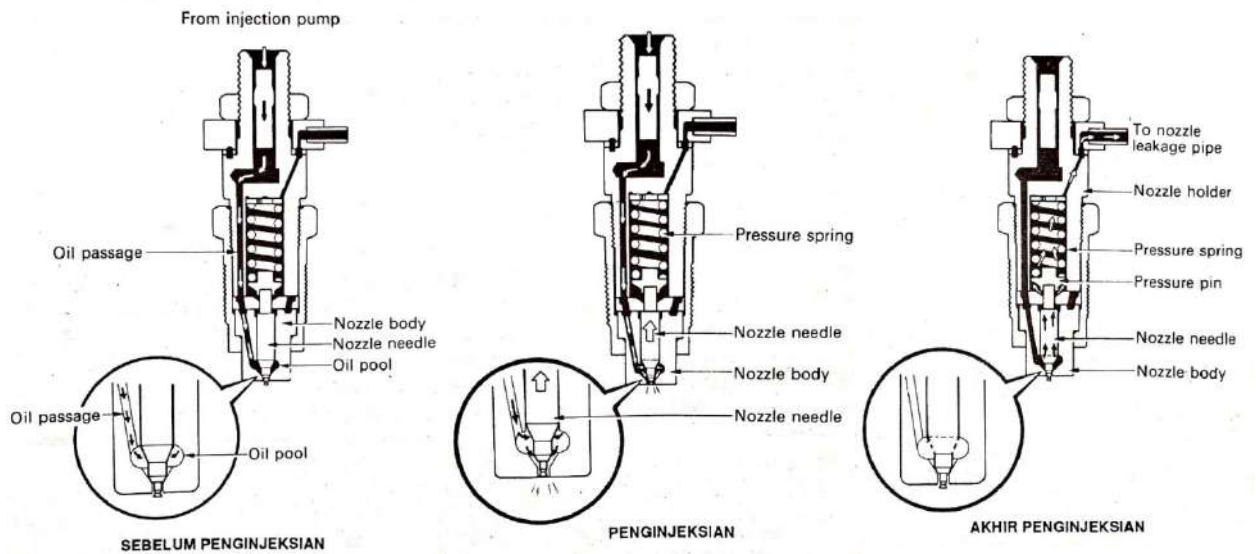
Nozzle holder memegang *nozzle* dengan *retaining nut* dan *distance piece*. *Nozzle holder* terdiri dari *adjusting washer* yang mengatur kekuatan tekanan pegas untuk menentukan tekanan membukanya katup *nozzle*.



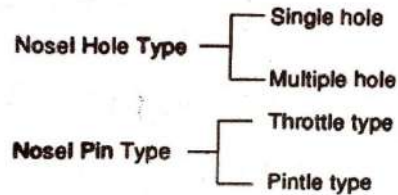
Gambar
Nozzle dan

Injection
Nozzle Holder

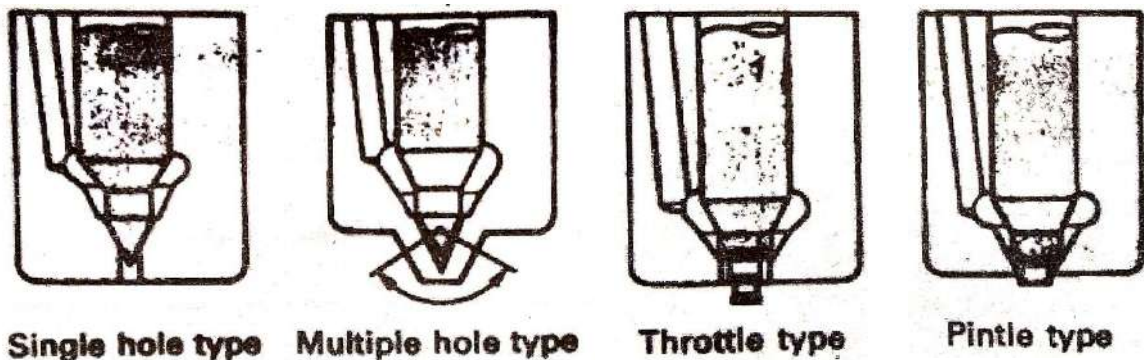
Cara kerja:



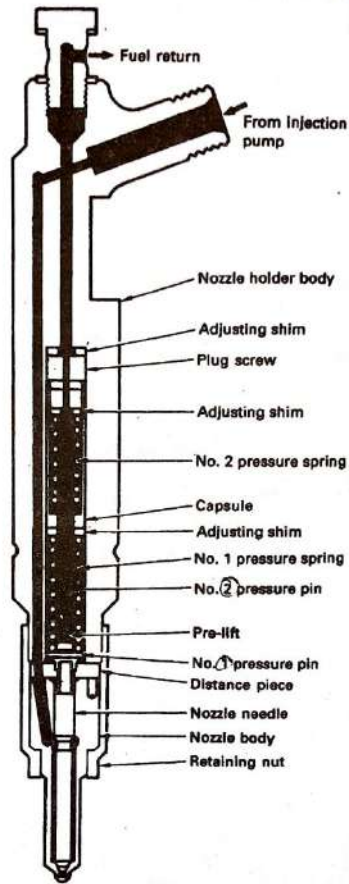
Tekanan membukanya *nozzle* disetel dengan mengganti ketebalan dari penyetulan *shim* (*adjusting shim*). Bila diganti dengan *shim* yang tipis tekanan membukanya menjadi besar, sedangkan bila diganti dengan *shim* yang tebal membukanya tekanan akan menjadi kecil. Penggunaan nosel ditentukan oleh proses pembakaran dan bentuk ruang pembakaran. Sehingga nosel diklasifikasikan ke dalam *hole tipe* dan *pin tipe*:



Tipe *multiple hole* umumnya untuk mesin penginjeksian langsung, dan tipe *pin* digunakan untuk mesin dengan ruang bakar tambahan dan pusat.



Gambar Tipe Nosel

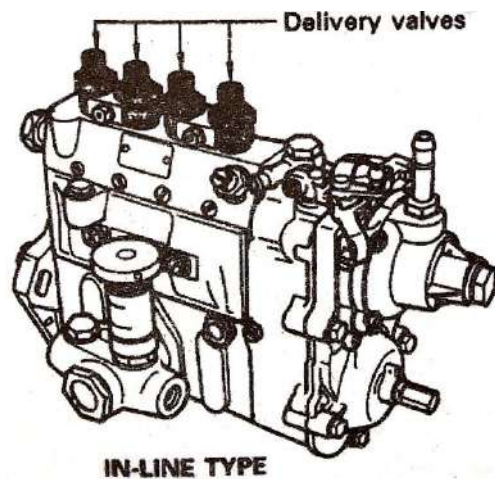
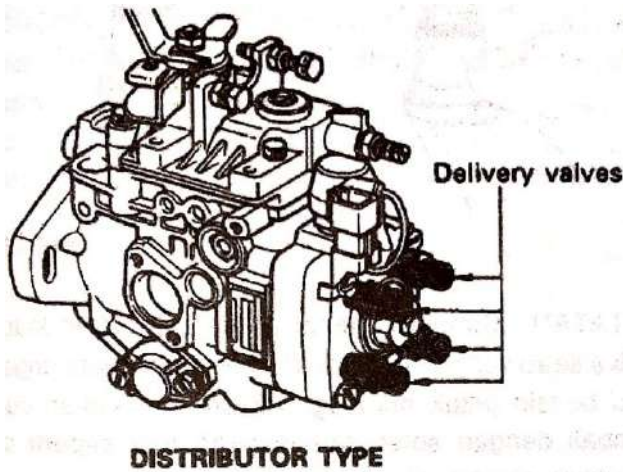


TWO-STAGE INJECTION NOZZLE

Dewasa ini beberapa mesin diesel menggunakan dua tahap nosel injeksi (*two-stage injection nozzle*) yang menyebabkan volume injeksi bertambah sesuai naiknya tekanan bahan bakar. Tujuannya untuk menurunkan tekanan membukanya katup, dengan cara memperbaiki stabilitas injeksi dalam daerah beban rendah dan memperbaiki stabilitas *idling* serta menurunkan volume injeksi awal (*knocking* mesin berkurang dan menyempurnakan kenyamanan berkendara).

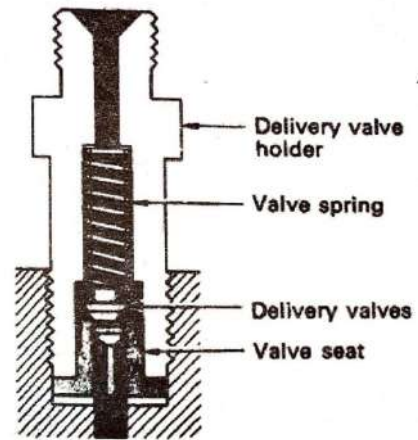
7. Katup Delivery

Dipasang pada *distributive head* (pada bagian atas pompa injeksi tipe distributor) atau rumah pompa pada pompa injeksi tipe *in-line* serta penahan katup dan pegas. *Delivery valve* menjamin bahwa injektor akan menutup dengan cepat pada saat akhir injeksi untuk mencegah bahan bakar menetes.



Pada saat awal penginjeksian, maka *delivery valve* terangkat dari dudukan. Bahan bakar bertekanan dialirkan ke nosel injeksi, dengan adanya tekanan dari bahan bakar yang dipompa keluar dari pompa plunyer.

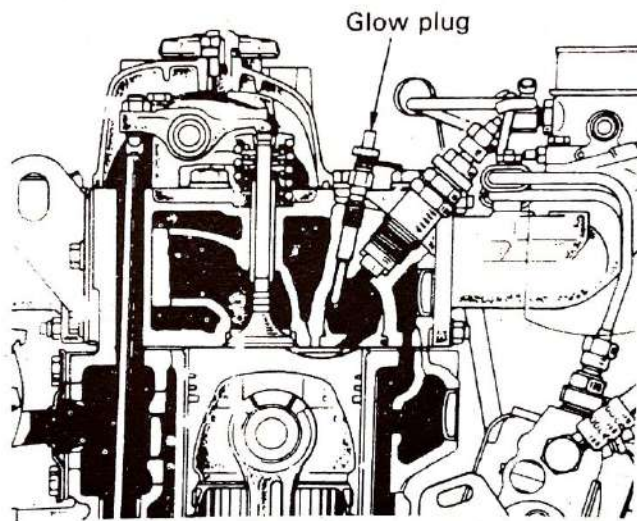
Bila pompa plunyer memompa sesuai siklus (tekanannya turun), menyebabkan *delivery valve* tertekan kebawah oleh adanya pegas. *Relief valve* akan menutup saluran bahan bakar yang ada pada *relief valve* (turun kembali ke katup delivery) dari saat *relief valve* menutup saluran bahan bakar sampai berakhirnya kerja langkah. Ini menjamin (menurunnya) tekanan secara tiba-tiba yang disebabkan oleh ekspansi (dari ruangan diatas *delivery valve* dan rendahnya nosel injeksi) untuk menutup pengunci sehingga mencegah kebocoran.



DELIVERY VALVE

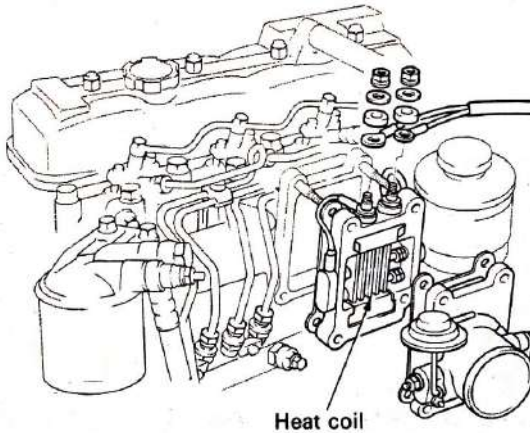
K. SISTEM PEMANASAN PENDAHULUAN

Bila mesin dihidupkan dalam keadaan dingin, ruang bakarnya masih dingin, maka tekanan udara kadang-kadang panasnya kurang untuk membakar bahan bakar (biasanya mesin dengan *auxiliary chamber*/ dengan ruang bakar luas). Sehingga diperlukan busi pijar pada ruang bakar mesin.



BUSI PIJAR

Diarea dingin, temperatur udara luar kadang-kadang sangat rendah dan mesin sukar dihidupkan. Sehingga, pada beberapa mesin diesel dilengkapi dengan *intake air heater* untuk menaikkan temperatur udara masuk.

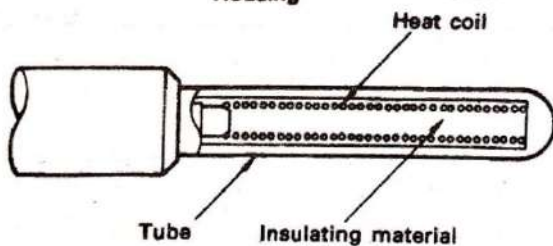
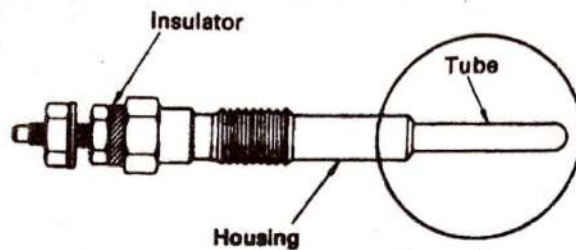


INTAKE HEATER

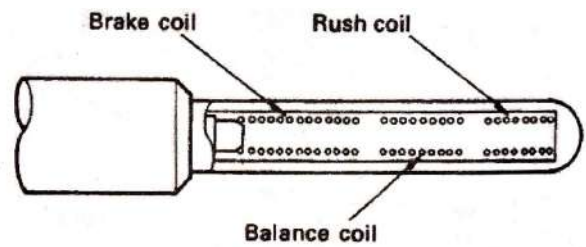
Ada lima macam *preheating system* yang digunakan saat ini (penggunaannya tergantung pada model kendaraan dan mesin, yaitu:

1. *Glow Plug Control Type*

Ada beberapa tipe *glow plug*, tiga diantaranya yang paling banyak digunakan, yaitu: tipe biasa (konvensional), tipe pengontrol temperatur sendiri (*self temperature controlling* yang terdiri dari *convention preheating* dan *new super preheating*), dan tipe tegangan rendah untuk *super glow plug* biasa.

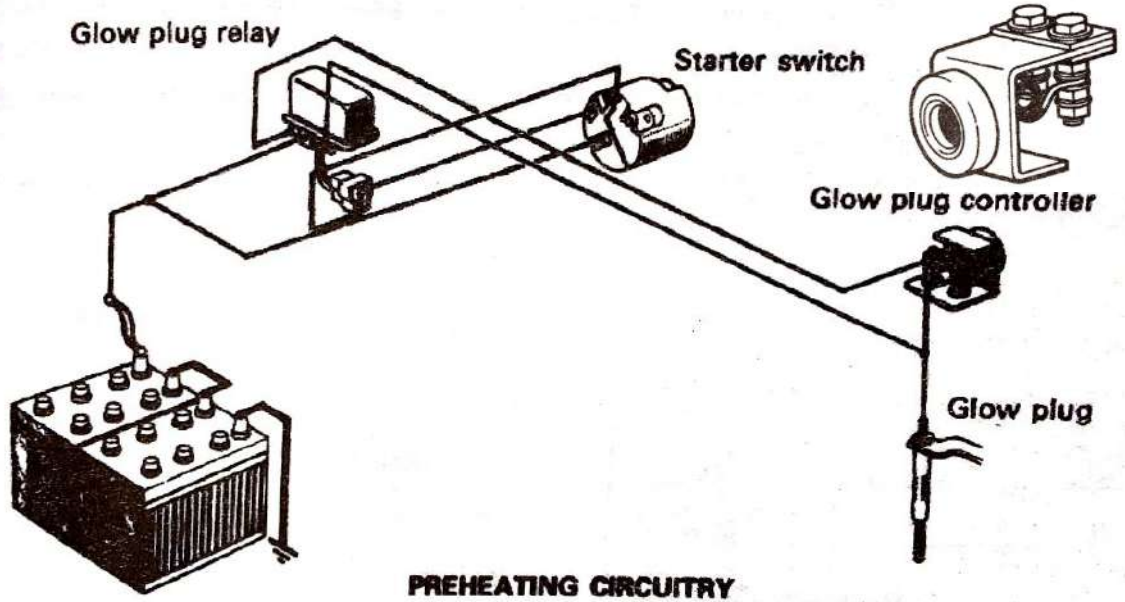


CONVENTIONAL TYPE



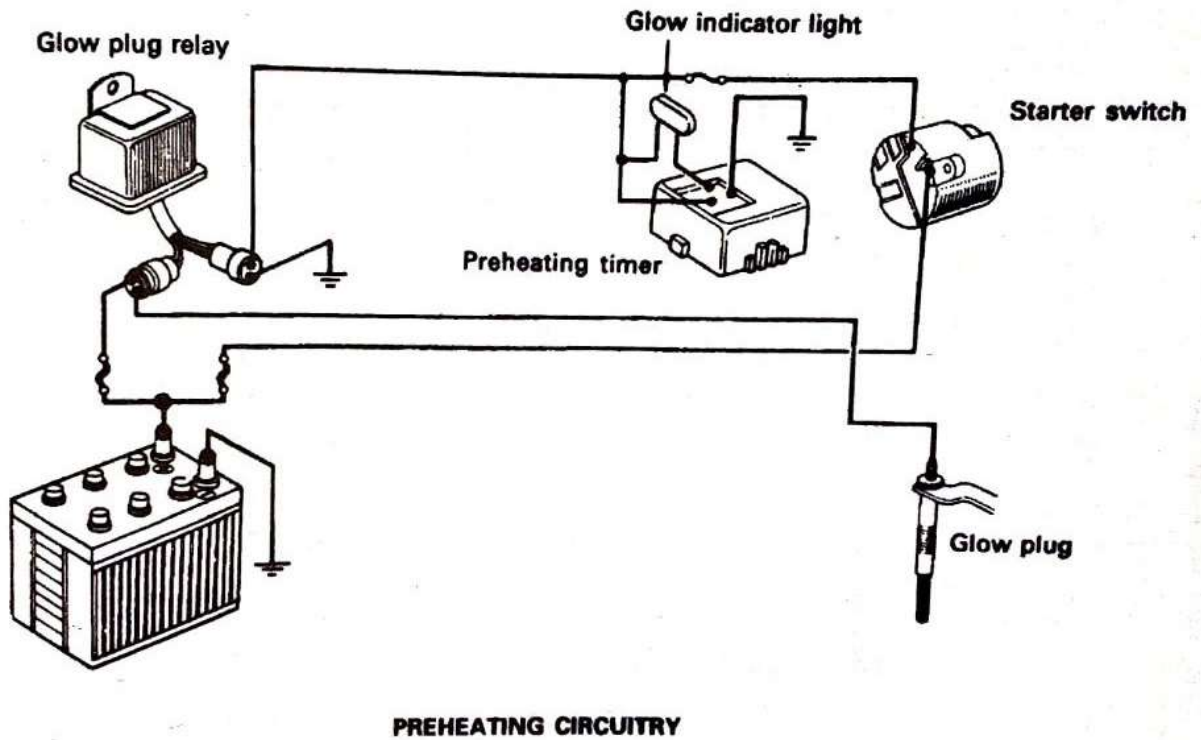
SELF-TEMPERATURE-CONTROLLING TYPE

Tipe busi pijar dengan pengontrol sistem pemanas terdiri dari *glow plug*, pengontrol *glow plug* (pada instrumen panel untuk mengontrol saat pemanasan *glow plug*), *relay glow plug* (mencegah besarnya aliran arus melalui *switch starter* dan menjamin bahwa penyebab turunnya tegangan oleh adanya efek pengontrol *glow plug* terhadap *glow plug* tidak terjadi), dll.



2. Tipe *Fixed Delay*

Pada tipe ini (dengan *switch starter* pada posisi G), lamanya pemanas hanya dikontrol dari lamanya lampu indikator menyala. Lampu ini menyala untuk waktu tertentu (± 17 detik) sesuai dengan kerja dari *preheating timer*. Apabila lampu mati, pemanas telah selesai dan mesin siap untuk dihidupkan.



Pada tipe *fixed delay* (tanpa *switch starter*nya pada posisi G), sistem pemanas dalam tipe *fixed delay preheating timer* mengontrol lamanya lampu *relay glow plug* ON. Lampu ini menyala untuk waktu tertentu (± 5 detik) dan *relay glow plug* akan ON pada waktu tertentu (± 18 detik) sesuai dengan kerjanya *preheating timer*. Apabila lampunya mati pemanasan telah selesai dan mesin siap untuk dihidupkan.

3. Tipe *Variable Delay*

Sistem pemanas dikontrol oleh timer *preheating* yang pengoperasiannya disesuaikan dengan temperatur pendingin dan tegangan alternator (signal terjadi saat mesin hidup). Selama indikator glownya ON dan lamanya glow plug dipanaskan bervariasi sesuai temperatur air pendingin (setelah glow berfungsi, tidak digunakan lagi).

4. Tipe *New Super Glow Plug*

Sistem *new super glow* merupakan suatu sistem dimana pemanasan pendahuluan dapat berlangsung dengan cepat, dengan maksud adanya *glow plug* yang dapat mengontrol temperaturnya sendiri untuk mempermudah waktu menghidupkan mesin. Sebagai tambahan untuk mempercepat kerjanya pemanas, *glow plug* berfungsi untuk memperbaiki pembakaran dalam cuaca yang dingin untuk mengurangi asap berwarna putih (*diesel knocking*). Sistem *glow plug super* terdiri dari *glow plug self temperature controlling*, dua *relay glow plug* (utama dan bagian lainnya), tahanan *glow plug* (resistor), sensor temperatur air pendingin dan *timer preheating*.

5. Tipe *Conventional Super Glow Plug*

Super glow konvensional adalah suatu sistem yang dapat mempercepat penyempurnaan panas oleh adanya tegangan baterai yang relatif besar ke *glow plug*. Bila nilai tegangan baterai rendah dengan waktu yang singkat, pengandara harus menunggu untuk menghidupkan mesin. Pada waktu yang bersamaan, sistem ini menjaga temperatur glow plug lebih rendah dari yang ditetapkan untuk mencegah terjadinya panas yang berlebihan (*overheating*).

Ada tambahan untuk mempercepat pemanasan setelah glow, berfungsi untuk memperbaiki perubahan dalam cuaca dingin, untuk mengurangi asap putih dari diesel *knocking*. Sistem super konvensional biasa komposisinya terdiri dari *glow plug* yang tingkat tegangannya rendah, dua *relay glow plug* (yang utama dan lainnya), sebuah resistor *glow plug*, sensor temperatur air, sensor arus *glow plug* dan *preheating timer*.

BAB III EVALUASI

A. TUGAS

Gambarkan secara skematis komponen-komponen sistem injeksi bahan bakar dalam suatu sistem injeksi bahan bakar yang lengkap dengan saluran pengembalinya.

B. TES FORMATIF

1. Jelaskan prinsip kerja pada mesin diesel!
2. Jelaskan tahapan proses pembakaran pada mesin diesel dan mengapa demikian?
3. Jelaskan fungsi alat pemanas (glow plug) pada mesin diesel dan pada mesin diesel apa alat tersebut digunakan?
4. Terdapat 2 macam sistem injeksi bahan bakar pada mesin diesel. Jelaskan persamaan dan perbedaan utama dari 2 macam sistem injeksi bahan bakar tersebut!
5. Jelaskan dengan singkat hubungan antara bentuk ruang bakar dengan sistem injeksi yang digunakan pada suatu mesin diesel!
6. Apa fungsi sedimenter pada sistem injeksi bahan bakar mesin diesel? Apakah tidak cukup dengan saringan bahan bakar?
7. Mengapa elemen pompa injeksi dipandang paling penting dalam pompa injeksi ?

C. KUNCI JAWABAN

1. Prinsip kerja mesin diesel adalah seperti pada mesin bensin hanya saja yang diisap adalah hanya udara, dan bahan bakar baru disemprotkan di saat akhir kompresi dan bahan bakar menyala karena suhu kompresi.
2. Proses pembakaran motor diesel berlangsung dalam 4 tahap, yaitu: pembakaran tertunda, perambatan, pembakaran langsung, dan pembakaran lanjut. Hal tersebut karena sifat bahan bakar yang berbeda dengan bensin.
3. Untuk pemanas awal saat start dan digunakan pada ruang bakar tambahan.
4. Sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi sebaris dan dengan pompa injeksi distributor. Persamaannya adalah mempunyai fungsi menyalurkan bahan bakar dari tangki ke dalam ruang bakar mesin diesel. Perbedaannya adalah pada sistem injeksi dengan pompa sebaris adalah tiap silinder mesin dilayani oleh satu elemen pompa, sedangkan pada sistem injeksi dengan pompa distributor semua silinder mesin dilayani oleh satu elemen pompa.
5. Pada mesin diesel dengan ruang bakar biasa/langsung banyak menggunakan sistem injeksi langsung dengan nosel bentuk lubang, sedangkan mesin diesel dengan ruang bakar tambahan banyak menggunakan nosel tipe pin
6. Sedimenter berfungsi untuk memisahkan air yang tercampur dengan bahan bakarnya. Saringan bahan bakar berfungsi memisahkan kotoran/ partikel padat dari bahan bakarnya.
7. Elemen pompa paling penting karena menentukan tekanan injeksi dan kapasitas injeksi/ jumlah bahan bakar.

BAB IV JOBSHEET

A. TUNE-UP MESIN DIESEL

Sasaran:

1. Menguasai cara menyetel saat penginjeksian
2. Menguasai cara menyetel putaran idle dan kecepatan maksimum
3. Menguasai cara memeriksa tekanan kompresi

Persiapan:

1. SST 09275-54010 pengukur langkah plunyer
2. SST 09275-54020 sekrup penyetel mur pengunci kecepatan maksimum (untuk pompa injeksi dengan HAC)
3. SST 09992-00024 pengukur kompresi
4. Dial indicator
5. Plate metal yang tebalnya 8,5-10 mm (untuk pompa injeksi dengan ACSD)
6. Tachometer

Penggunaan Mesin:

1. 2L atau 3L

Keselamatan Kerja:

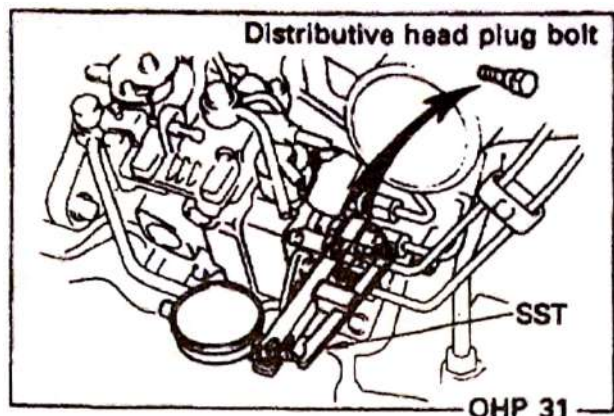
1. Gunakan peralatan servis yang sesuai dengan fungsinya
2. Ikutilah instruksi dari dosen ataupun langkah kerja yang tertulis pada lembar kerja
3. Mintalah ijin kepada dosen anda bila akan melakukan pekerjaan yang tidak tertulis pada lembar kerja
4. Bila perlu mintalah buku manual mesin sesuai dengan obyek yang digunakan

Langkah Kerja:

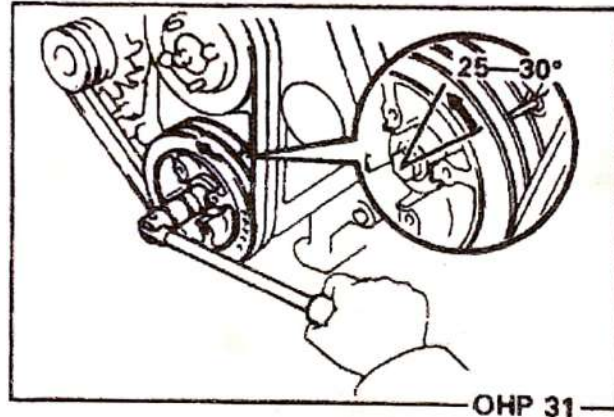
1. Persiapkan alat dan bahan praktik secara cermat, efektif dan seefisien mungkin
2. Perhatikan instruksi praktik yang disampaikan oleh dosen
3. Melakukan langkah kerja tune-up mesin diesel

Penyetelan Saat Injeksi

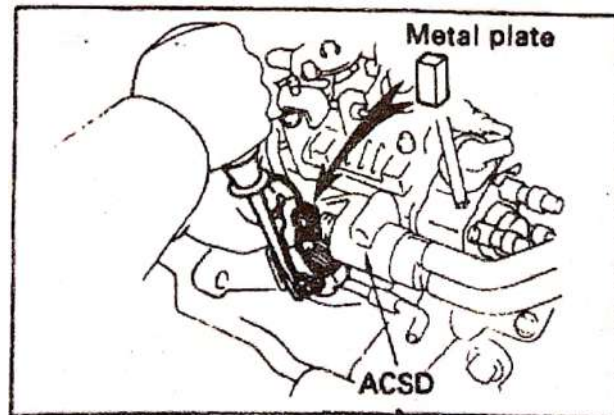
1. Memasang SST dan dial indicator:
 - a. Lepaskan baut penyumbat (plug bolt) dari kepala distributor pompa injeksi
 - b. Pasangkan SST (pengukur langkah plunyer) dan dial indicator pada lubang baut penyumbat dari kepala distributor



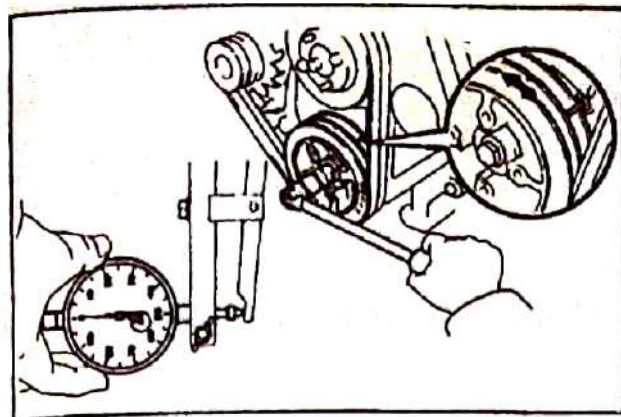
2. Set silinder no. 1 atau no. 4 $\pm 25^{\circ}$ - 30° TMB/ kompresi
 Putar puli poros engkol berlawanan arah jarum jam sehingga celah puli bergeser 25° - 30° dari titik timing.



3. (Dengan/ ACSD (automatic cold start device))
 Bebaskan ACSD advance
 - a. Gunakan obeng, putar tuas cold start berlawanan arah jarum jam $\pm 20^{\circ}$
 - b. Letakkan plat metal antara tuas cold start dan thermo wax plunger



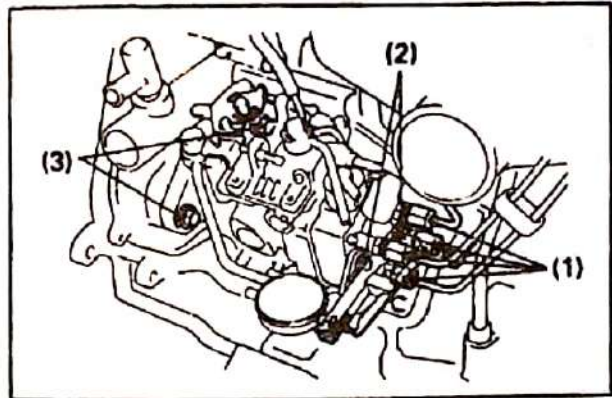
4. Penyetelan saat injeksi
 - a. Kalibrasikan dial indicator (set 0)
 - b. Periksa kembali dan teliti bahwa dial indicator menunjukkan pada 0 mm, ketika poros engkol diputar perlahan-lahan searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam



- c. Putar perlahan poros engkol searah jarum jam sampai celah puli segaris dengan tanda timing
- d. Ukur langkah plunyer. Dengan ACSD -0,54-0,66 mm, tanpa ACSD -0,84-0,96 mm

e. Kendorkan mur dan baut seperti berikut:

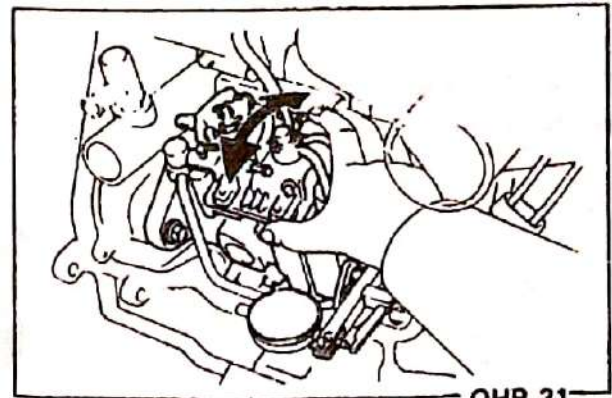
- 1) 4 mur union pada pipa injeksi
- 2) Dua baut penahan pompa injeksi ke bracketnya
- 3) Dua mur penahan pompa injeksi ke rumah timing belt



f. Stel langkah plunyer dengan menggeser rumah pompa perlahan-lahan.

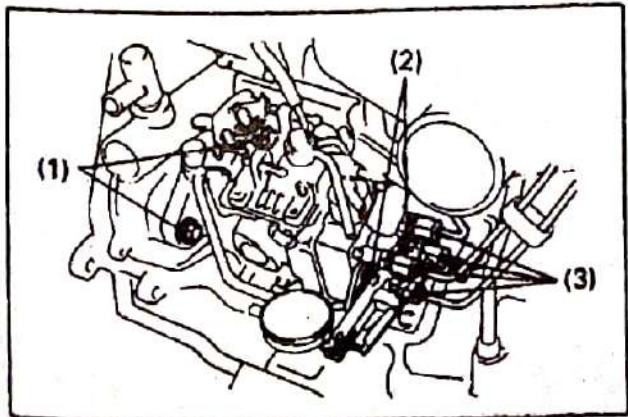
Apabila langkah tersebut kurang dari spesifikasi, geser pompa ke arah mesin.

Apabila langkah tersebut lebih besar dari spesifikasi, geser pompa menjauhi mesin.

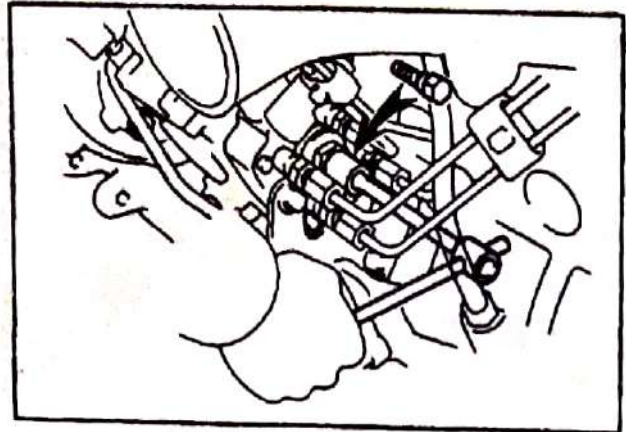


g. Keraskan baut dan murnya seperti berikut:

- 1) 2 mur penahan pompa injeksi ke rumah timing belt (momen: 210 kg-cm) dan periksa lagi langkah plunyer
- 2) 2 baut penahan pompa injeksi ke bracketnya (momen: 185 kg-cm)
- 3) 4 mur union dari pipa injeksi (momen: 250 kg-cm)

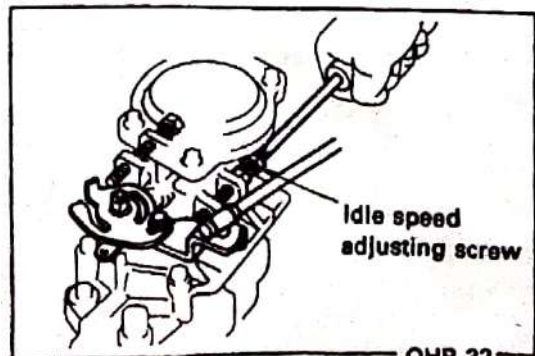
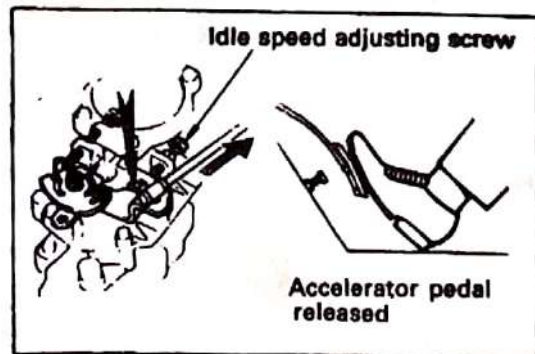


5. Dengan ACSD, Lepaskan plat metal
6. Melepaskan SST dan dial indicator
 - a. Lepaskan SST dan dial indicator
 - b. Pasangkan gasket baru dan baut penyumbat dari kepala distributor (momen: 170 kg-cm)
7. Hidupkan mesin dan periksa kebocoran



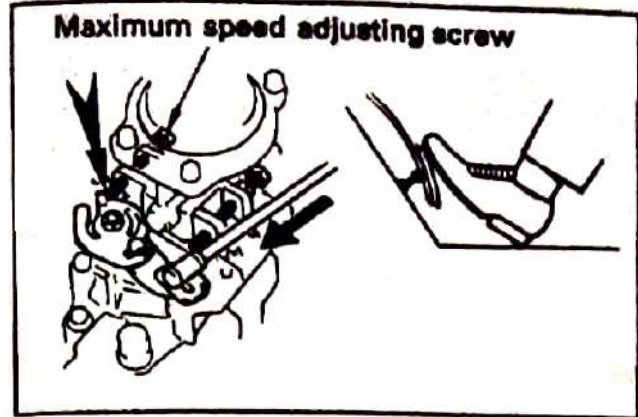
Penyetelan Putaran Idle dan Kecepatan Maksimum

1. Kondisi awal
 - a. Temperatur kerja mesin normal
 - b. Saringan udara terpasang
 - c. Semua switch perlengkapan OFF
 - d. Semua saluran vacuum disambung dengan tepat
 - e. Celah katup disetel dengan benar
 - f. Saat injeksi disetel dengan benar
 - g. Transmisi dalam posisi "N"
2. Hubungkan tachometer
3. Menyetel putaran idle
 - a. Periksa bahwa tuas penyetel menyentuh sekrup penyetel putaran idle, saat pedal akselerasi dibebaskan. Bila tidak menyentuh setel link akselerasi.
 - b. Hidupkan mesin
 - c. Periksa putaran idle. M/T (Ex.Lx) 700 rpm.
 - d. Menyetel putaran idle
 - 1) Lepaskan link akselerasi
 - 2) Kendorkan mur pengunci pada skrup penyetelan putaran idle
 - 3) Setel putaran idle dengan memutar sekrup penyetel



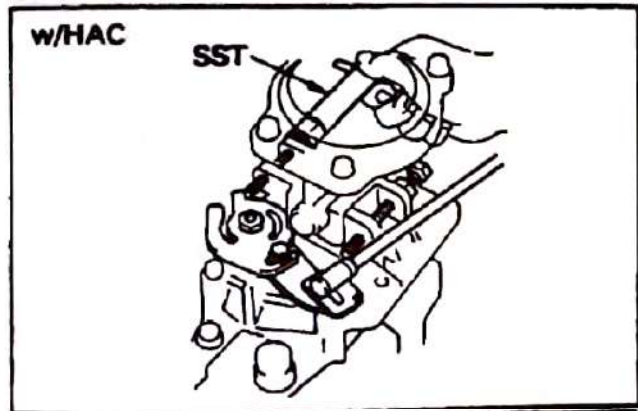
- 4) Keraskan mur pengunci dan periksa lagi putaran idle
 - 5) Hubungkan kembali link akselerasi
 - 6) Setelah dilakukan penyetelan putaran idle, setel link pedal akselerasi
4. Menyetel kecepatan maksimum

a. Periksalah bahwa tuas penyetel menyentuh sekrup penyetel kecepatan maksimum (maximum speed adjusting screw), pada saat pedal akselerasi ditekan secara keseluruhan. Bila tidak, lakukan penyetelan pada link akselerasi.



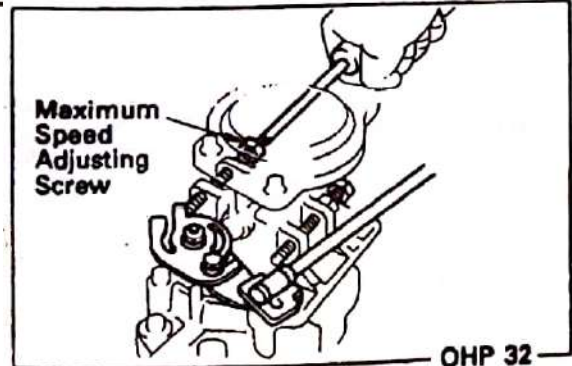
- b. Hidupkan mesin
- c. Tekan pedal akselerasi secara keseluruhan
- d. Periksa kecepatan maksimum (LH 4.700 rpm)

- e. Menyetel kecepatan maksimum
- 1) Lepaskan link akselerasi
 - 2) Putuskan kabel segel dari sekrup penyetel kecepatan maksimum
 - 3) Kendorkan mur pengunci pada sekrup kecepatan maksimum, (yang dengan HAC) gunakan SST untuk mengendorkan mur pengunci.



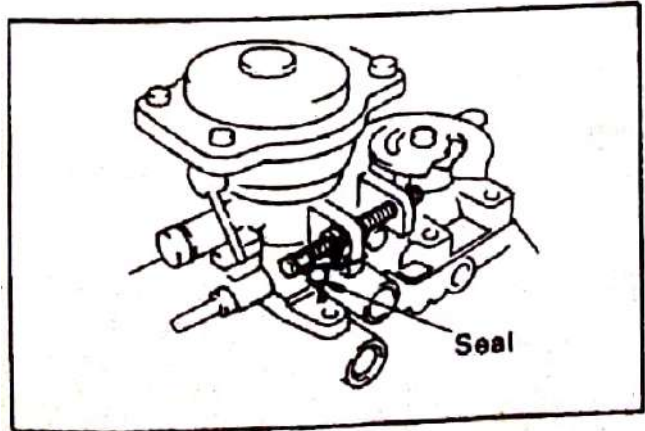
- 4) Setel kecepatan maksimum dengan memutar sekrup penyetel kecepatan maksimum

Petunjuk: putar sekrup penyetel saat mesin berputar idling, kemudian naikan kecepatan putaran mesin dan periksa kembali kecepatan maksimum.



OHP 32

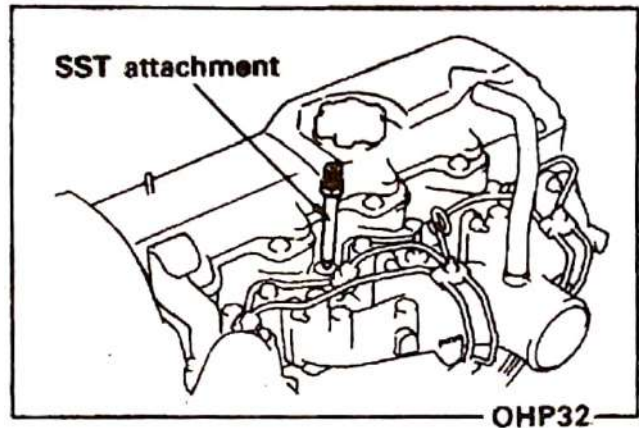
- 5) Keraskan mur pengunci
(Dengan HAC) gunakan SST untuk mengeraskan mur pengunci
- 6) Periksa kembali kecepatan maksimum
- 7) Sambungkan kembali link akselerasi
- 8) Setelah menyetel kecepatan maksimum, setel link akselerasi
- 9) Segel kembali sekrup penyetelnya dengan kawat segel yang baru



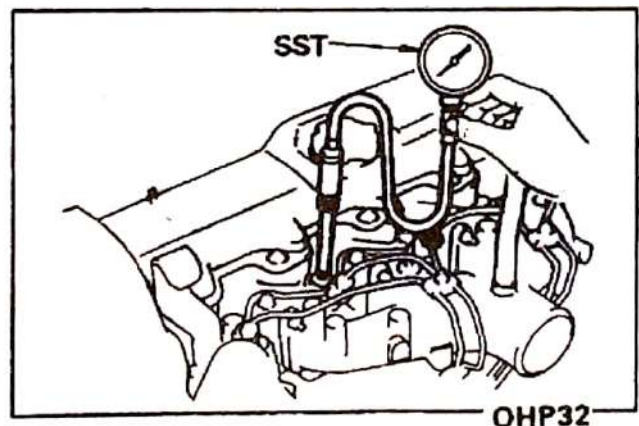
Pemeriksaan Kompresi

Petunjuk: apabila tenaga berkurang, penggunaan oli berlebihan atau penggunaan bahan bakar boros, ukur tekanan kompresinya.

1. Panaskan mesin dan kemudian matikan (mesin dimatikan setelah mencapai temperatur kerja normal)
2. Lepaskan socket (fuel cut-off solenoid) pompa injeksi
3. Lepaskan busi pijar (glow plug)
4. Periksa tekanan kompresi
 - a. Sekrupkan SST tambahan pada lubang glow plug



- b. Hubungkan SST compression gauge pada SST tambahan SST 09992-00024 (09992-00121, 09992-00211)
- c. Buka katup throttle sepenuhnya
- d. Ketika mesin berputar, ukur tekanan kompresinya



Petunjuk: gunakan selalu baterai yang di charge penuh untuk

menjamin mesin berputar pada 250 rpm atau lebih.

e. Lakukan langkah (a) sampai (d) untuk silinder berikutnya

Catatan: pengukuran ini harus dilakukan dalam waktu yang singkat.

Tekanan kompresi : $32,0 \text{ kg/cm}^2$

Tekanan minimum : $20,0 \text{ kg/cm}^2$

Perbedaan tiap silinder : $5,0 \text{ kg/cm}^2$

f. Apabila kompresi pada satu silinder atau lebih keadaannya rendah, masukkan sedikit oli ke dalam silinder melalui lubang glow plug dan ulangi lagi langkah (a) sampai (d). Apabila ditambah oli kompresinya bertambah, maka ring piston atau lubang silindernya mungkin keadaannya aus atau cacat. Apabila tekanan tetap rendah mungkin ada kesalahan pada sistem katup atau kedudukannya atau mungkin juga adanya kebocoran pada gasket.

g. Pasangkan kembali glow plug

h. Sambungkan socket (fuel-cut selenoid) pompa injeksi

Setelah pekerjaan selesai:

1. Buatlah catatan penting kegiatan praktik secara ringkas.
2. Setelah selesai, kembalikan alat dan bahan yang telah digunakan ke tempat semula, serta bersihkan tempat kerja.

Tugas:

1. Buatlah laporan praktik secara ringkas dan jelas!
2. Buatlah rangkuman pengetahuan baru yang diperoleh setelah mempelajari materi!

B. PERAWATAN SISTEM BAHAN BAKAR DIESEL

TUJUAN

Setelah melaksanakan praktikum, diharapkan Mahasiswa dapat:

1. Melepas dan memasang kembali pompa injeksi tipe in line.
2. Menjelaskan prinsip kerja pompa injeksi tipe in line
3. Menjelaskan fungsi dan cara kerja masing-masing komponen pada pompa injeksi tipe in line
4. Melakukan over houl pompa injeksi tipe in line sesuai dengan SOP

ALAT DAN BAHAN

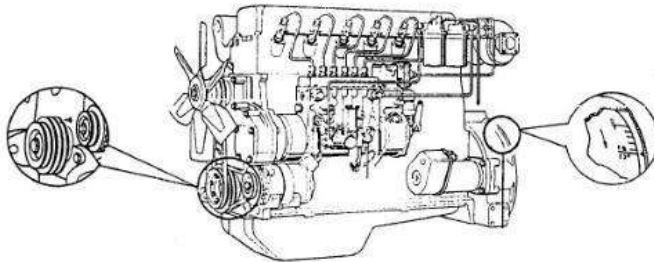
- | | |
|-----------------|---------------|
| 1. Toolbox | 5.Nampan |
| 2. Majun | 6.Solar |
| 3. Mesin diesel | 7.Buku Manual |
| 4. Tracker | |
| 5. Feller gauge | |

KESELAMATAN KERJA

1. Berdoa sebelum dan sesudah melaksanakan praktikum.
2. Gunakan peralatan yang sesuai dengan kegunaan dan fungsinya.
3. Teliti saat membongkar dan merakit kembali komponen-komponen mesin diesel.
4. Tanyakan kepada dosen praktik apabila terdapat masalah atau hambatan selama melaksanakan kegiatan praktikum.

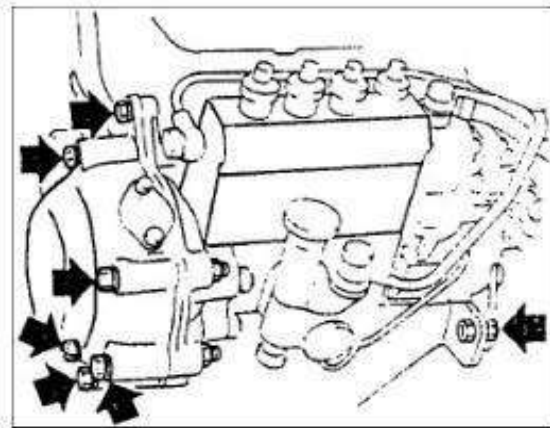
LANGKAH KERJA

1. Persiapkan semua alat dan bahan yang dibutuhkan
2. Sebelum melepas pompa injeksi, putar poros engkol pada posisi saat penyemprotan silinder. Perhatikan tanda pada puli atau roda gila.

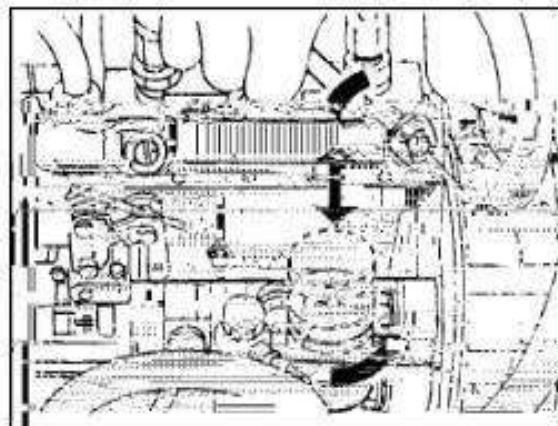


3. Lepaskan saluran bahan bakar dan pipa tekanan tinggi.
4. Tutup lubang-lubang saluran bahan bakar pada pompa injeksi dan pada nozel.
5. Lepaskan saluran vakum pada pompa injeksi apabila menggunakan governor vakum.
6. Lepaskan hubungan pedal gas dengan tuas penyetel pada pompa injeksi.
7. Lepaskan baut - baut pengikat pompa injeksi.
8. Lepaskan pompa injeksi dari dudukannya.
9. Pelajari konstruksi dan cara kerja pompa injeksi tipe in line.

10. Bersihkan bagian luar dari pompa injeksi dan ganti minyak pelumas pompa.
11. Setel pompa injeksi pada saat penyemprotan silinder 1.
12. Pasang kembali pompa injeksi pada mesin.

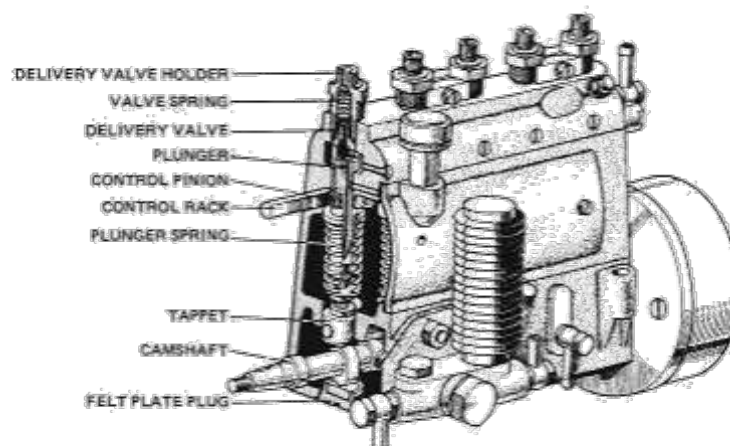


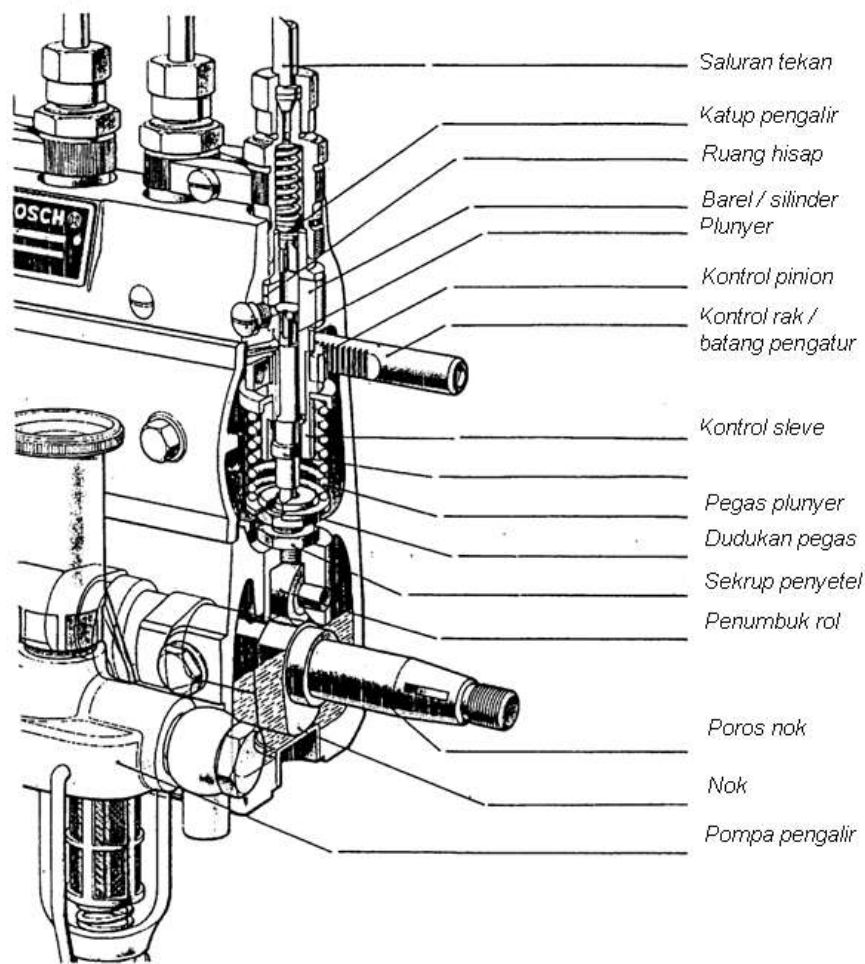
13. Lakukan pembuangan udara.



14. Bongkar pompa injeksi type In-line.
15. Lepas delivery valve.
16. Lepas vacuum chamber.
17. Lepas tutup governor.
18. Lepas rumah steel ball.
19. Lepas semua batang penghubung dari rumah governor.
20. Lepas penutup yang berada di atas feed pump.
21. Dengan menggunakan obeng (-) dorong, pegas plunger ke arah delivery valve, dan ganjal bagian belakang pegas dengan plat tipis yang kuat (lakukan pada keempat pegas plunger).
22. Lepas rumah governor dari rumah plunger.
23. Buka tutup camshaft pada sisi lain.
24. Buka keempat tutup di bagian bawah pompa injeksi.
25. Lepas camshaft dari tempatnya (jangan langsung melepas penganjal pegas plunger).

26. Untuk melepas pengganjal pegas, gunakan baut tracker. Masukkan baut tracker dari bawah pompa injeksi hingga mendorong pegas plunger dan mengakibatkan posisi pengganjal menjadi bebas. Lepaskan pengganjal dari tempatnya (lakukan pada keempat pegas plunger).
27. Bersihkan semua komponen menggunakan solar dan bilas dengan ditiup menggunakan udara dari kompresor.
28. Melakukan pengamatan terhadap komponen pompa injeksi type In-line.
29. Merakit kembali pompa injeksi type In-line.
30. Siapkan seluruh komponen yang akan dipasang.
31. Pasang salah satu delivery valve.
32. Susun / rangkai komponen plunger dan pasang pada rumah plunger (perhatikan tanda-tanda pemasangan).
33. Dorong pegas menggunakan baut tracker dan pasang pengganjal kembali (lakukan pada keempat plunger).
34. Pasang kembali keempat tutup pada bagian bawah pompa.
35. Pasang camshaft kembali.
36. Pasang rumah governor pada rumah plunger.
37. Pasang tutup camshaft pada sisi lain.
38. Dengan memutar camshaft, lepas pengganjal astu persatu sesuai keadaan. plunger yang berada pada titik paling atas sehingga membebaskan pengganjal.
39. Pasang steel ball beserta rumahnya.
40. Pasang seluruh batang penghubung pada governor dengan benar.
41. Pasang tutup rumah governor dan pasang vacuum chamber.
42. Pasang tutup plunger.
43. Buat laporan hasil praktek.





TUGAS

1. Tuliskan semua hasil pemeriksaan komponen pada lembar data praktik!
2. Gambarkan konstruksi dari pompa injeksi yang digunakan dan jelaskan cara kerjanya!
3. Buatlah laporan praktik tentang praktik yang telah dilakukan. Laporan dibuat secara individu dan dikumpulkan pada praktik berikutnya!

BAB V

PENUTUP

Mahasiswa yang telah mencapai syarat kelulusan minimal dapat melanjutkan pembelajaran berikutnya dengan panduan belajar yang berbeda. Sebaliknya bila Mahasiswa belum mampu mengaplikasikan dan dinyatakan tidak lulus, maka Mahasiswa tersebut harus mengulang modul ini sampai benar-benar menguasainya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (1995). *New Step 1 Training Manual* . Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.
- Anonim. (1995). *Materi Pelajaran Engine Group Step 2* . Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.
- Anonim. (1990). *Toyota 2L-T, 3L Engine Repair Manual Supplement*. Toyota Motor Corporation
- Anonim (t.th.). *Pedoman Reparasi Mesin 2 D*. Jakarta: PT. Toyota Astra Motor.