



## Hasil Pelatihan

---

Setelah menyelesaikan Hasil Pelatihan ini anda akan dapat :

- Mengenal komponen-komponen dan menerangkan kerja sistem bahan bakar diesel.

## Pengenalan

---

Sistem bahan bakar merupakan sistem mayor dalam motor diesel kendaraan ringan. Efisiensi kerjanya tergantung pada sejumlah komponen-komponen pelengkap yang bekerja mengontrol kecepatan dan performa motor pengapian kompresi. Sistem ini bertanggungjawab atas pengaturan penyaluran bahan bakar diesel ke silinder motor tergantung pada input katup penggerak maupun beban motor. Jadi sistem ini mengontrol kecepatan motor. Agar diperoleh kerja motor yang efisien diperlukan penservisan, perbaikan dan diagnosa kerusakan yang tepat. Oleh sebab itu diperlukan pengetahuan yang baik mengenai kerja sistem bahan bakar diesel.

Melalui modul ini anda akan dapat memperoleh ketrampilan dalam mengenali komponen-komponen sistem bahan bakar diesel kendaraan kecil dewasa ini serta prinsip-prinsip kerjanya.

## Prasyarat

---

Sebelum mengikuti modul ini, peserta pelatihan harus sudah menyelesaikan modul berikut ini :

- OPKR-10-016B - tentang Mengikuti Prosedur Kesehatan dan Keselamatan Kerja

## Pengakuan Kompetensi Tertentu (RCC)

---

*Jika seorang peserta menyatakan dia mampu/cakap dalam menyelesaikan tugas-tugas yang ditentukan pada hasil pelatihan, dia harus dapat membuktikan kemampuannya kepada pelatih.*

## Keselamatan Kerja

---

### Umum

Baca dan patuhi peraturan keamanan dan kesehatan yang diberikan sebelum anda melaksanakan materi sistem pendingin dalam modul ini. Ringkasan materi yang terdapat dalam modul OPKR-10-016B - Mengikuti Prosedur Kesehatan dan Keselamatan Kerja

- Bahan bakar diesel
- Bahan pengondisi sistem bahan bakar diesel
- Bahan pembersih komponen

### Pribadi

Ikuti langkah-langkah pencegahan demi keamanan seperti yang tertera dalam modul OPKR-10-016B - Mengikuti Prosedur Kesehatan dan Keselamatan Kerja. Ringkasan peraturan:

- Kesehatan dan Keselamatan Kerja Industri Otomotif
- Pencegahan terjadinya Kecelakaan
- Penggunaan dan Perawatan Perkakas Tangan

## Pencegahan Demi Keamanan dalam Penanganan Sistem Bahan Bakar Diesel

### *Langkah-langkah Pencegahan Demi Keamanan*

Cara bekerja yang aman harus selalu dilakukan dalam menangani sistem bahan bakar diesel untuk mencegah terjadinya kecelakaan pada manusia atau kerusakan pada komponen-komponen. Berikut ini adalah beberapa topik keamanan yang harus dilaksanakan jika bekerja menangani kendaraan atau motor diesel :

#### **Bahan bakar dan Bahan Aditif Sistem Bahan bakar**

- Dalam menangani bahan bakar diesel atau bahan aditif bahan bakar jangan sampai benda-benda tersebut tersentuh kulit.
- Jangan merokok selama mengisi bahan bakar atau menyervis sistem bahan bakar diesel.
- Jangan mengisi bahan bakar dengan motor dalam keadaan menyala.
- Dalam membuang udara sistem bahan bakar atau melaksanakan tes isolasi injektor dengan motor dalam keadaan hidup cegah agar bahan bakar tidak tumpah ke saluran pembuangan, dengan cara meletakkan kain lap di sekitar pipa injeksi.
- Segera bersihkan tumpahan bahan bakar untuk mencegah bahaya kebakaran.
- Letakkan alat pemadam kebakaran pada tempat yang dekat dan mudah dijangkau saat melaksanakan pembuangan udara pada sistem atau melakukan tes isolasi.

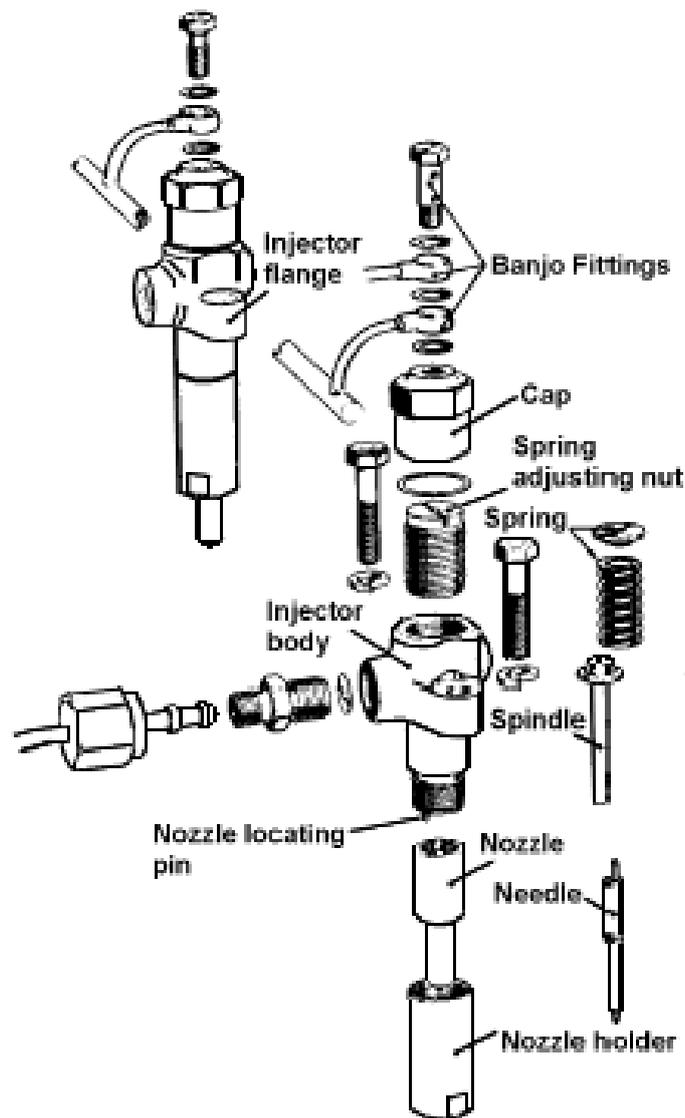
#### **Penservisan dan Perbaikan Sistem Bahan Bakar Diesel**

- Jangan menyetel, melumasi ataupun membersihkan motor jika motor dalam keadaan hidup, kecuali jika melaksanakan penyetelan atau prosedur diagnosa khusus yang harus dilakukan dengan motor dalam keadaan hidup.
- Jangan mengenakan pakaian yang terlalu longgar di sekitar motor atau komponen yang bergerak, selain itu ikatlah rambut yang panjang atau gunakan penutup rambut yang memadai.
- Jangan melakukan penyetelan pada sistem bahan bakar diesel yang belum anda kenal.
- Lakukan langkah-langkah pencegahan demi keamanan serta berhati-hati dalam membuka tutup radiator dengan katup tekanan dari sistem pendingin yang panas. Tekanan sistem dapat menyemburkan cairan yang panas dari radiator dan menimbulkan luka bakar.
- Jangan menghidupkan motor diesel dalam ruangan tertutup karena bisa dihasilkan gas buang yang beracun.
- Berhati-hatilah terhadap daerah berbahaya jika menghidupkan motor, daerah-daerah tersebut termasuk kipas-kipas yang berputar, sabuk penggerak maupun komponen-komponen yang bergerak. Berhati-hatilah akan kipas pendingin termal yang menyala secara otomatis.
- Saat melakukan tes pola semprotan injektor, jangan terkena bahan bakar bertekanan yang menyembur dari nozel injektor. Tekanan yang tinggi dapat menembus kulit, jika terjadi beri perawatan medis.
- Ikuti prosedur servis manual dalam menyervis atau mendiagnosa.
- Jangan menggunakan peralatan tes atau servis tertentu jika anda belum memiliki pengalaman atau ketrampilan yang memadai.
- Sebelum menyalakan motor setelah memasang kembali pompa injeksi bahan bakar atau melakukan penyetelan governor, persiapkan terlebih dulu sebuah alat pengaman dari kayu atau besi untuk menutup masukan udara untuk menghentikan motor, untuk berjaga-jaga seandainya kecepatannya terlalu tinggi karena penyetelan yang salah.

## Pengenalan Komponen

### Injektor Diesel

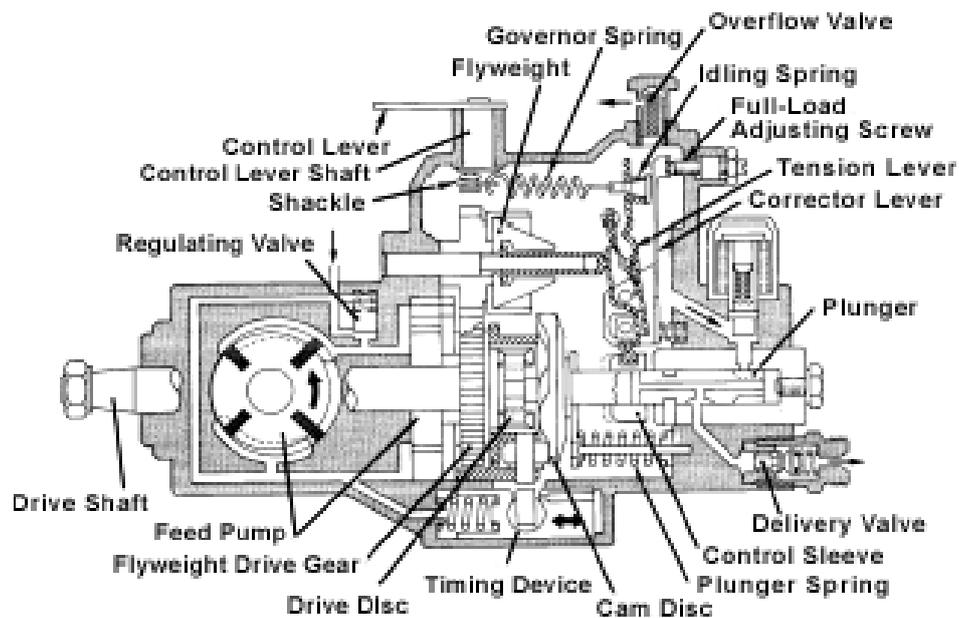
Injektor bahan bakar diesel merupakan alat yang digunakan untuk memberi sejumlah bahan bakar diesel yang terukur pada ruang pembakaran. Injektor bisa berupa atomiser, sprayer atau nozel. Cara kerja injektor kendaraan ringan pada umumnya menggunakan pemberian bahan bakar bertekanan tinggi dari pompa injeksi bahan bakar. Beberapa jenis injektor bekerja dengan mekanisme gerakan mekanis dari poros bubungan motor. Fungsi utama injektor diesel adalah memberi bahan bakar pada ruang pembakaran pada suatu kondisi pengkabutan (atomised state) serta dalam suatu pola semprotan tertentu untuk menjamin adanya efisiensi pembakaran bahan bakar dan daya motor.



Gambar 1: Diagram sederhana injektor bahan bakar diesel tipe injeksi pada setiap manifold

## Pompa Bahan Bakar Diesel

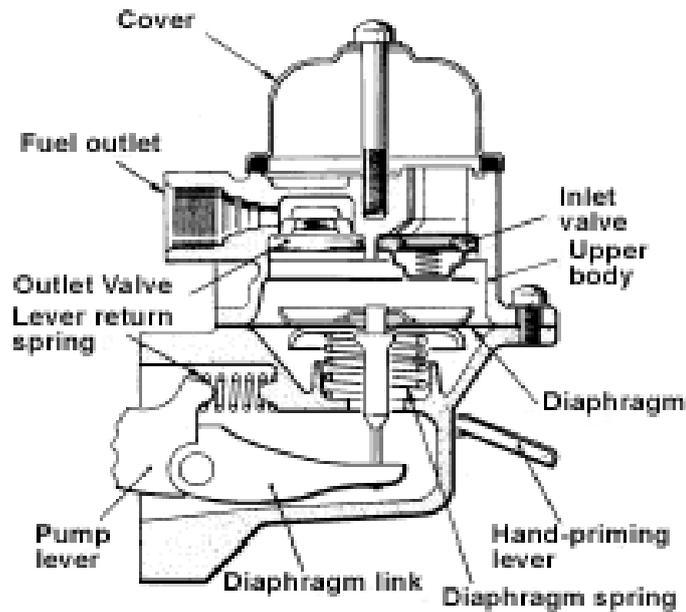
Ada berbagai macam desain dan prinsip kerja yang digunakan pada pompa injeksi bahan bakar diesel. Desain yang paling umum digunakan untuk kendaraan ringan adalah pompa kejut dan VE rotari atau pompa tipe distributor. Pada umumnya pompa bahan bakar kendaraan ringan diesel bekerja dengan menggunakan kopling pada motor melalui penggerak roda gigi atau sabuk bergigi. Pergerakan pompa injeksi dilakukan pada setengah kecepatan motor seperti pada distributor pengapian motor bensin. Fungsi utama pompa injeksi adalah untuk memberikan sejumlah terukur bahan bakar bertekanan pada injektor pada saat yang diperlukan sesuai dengan kecepatan dan beban motor.



Gambar 2: Pompa injeksi bahan bakar kendaraan kecil tipe VE rotari

## Pompa Pengangkat Bahan Bakar

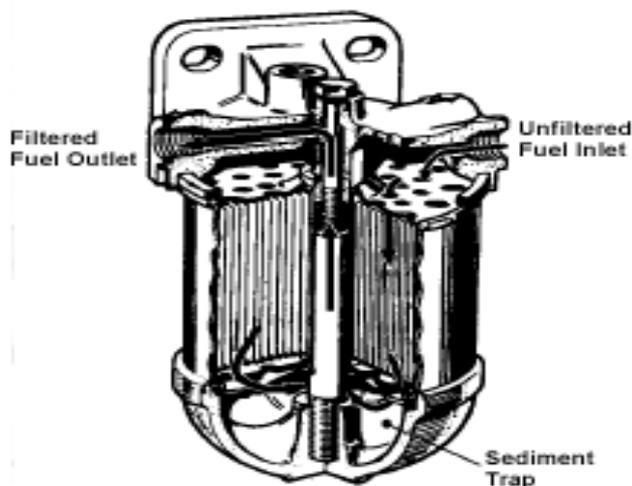
Pompa pengangkat sistem bahan bakar diesel juga disebut dengan pompa pompa pengumpan (feed pump), pompa transfer (transfer pump) atau pompa penyuplai (supply pump). Pompa-pompa pengangkat bahan bakar merupakan pompa yang digerakkan secara mekanis dengan tekanan rendah sehingga bisa dipasang pada blok motor (digerakkan poros bubungan) atau dipasang pada pompa injeksi bahan bakar yang menggerakkan poros bubungan internal atau poros penggerakannya. Fungsi utama pompa pengangkat adalah memberikan sejumlah tertentu bahan bakar yang diperlukan dari tangki bahan bakar melalui sedimenter dan filter pada pompa injeksi. Pompa didesain agar hanya memberikan jumlah bahan bakar sebesar yang diperlukan pada pompa injeksi. Jika diperlukan bahan bakar yang lebih sedikit maka pemompaan juga diturunkan dan jika diperlukan lebih banyak bahan bakar maka pemompaan akan ditingkatkan. Pompa pengangkat dilengkapi dengan tuas pengepraman agar dapat dioperasikan dengan tangan untuk memompa, sehingga pada saat dilakukan penservisan atau penggantian komponen dapat dilakukan pembuangan udara.



Gambar 3: Pompa pengangkat (penyuplai) sistem bahan bakar diesel tipe diafragma

### Filter Bahan Bakar

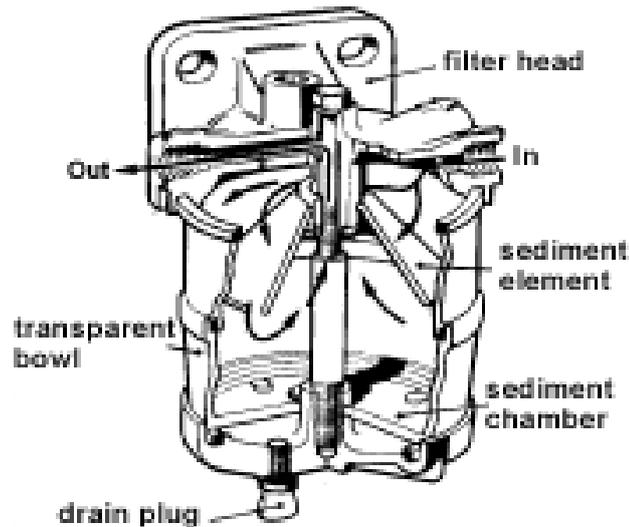
Filter bahan bakar diesel mempunyai berbagai macam desain dan konstruksi dari jenis kertas atau kain yang sekali pakai dan tipe lakan hingga yang terbuat dari logam pelapis yang bisa diperbaiki, ayakan dawai maupun tipe filter dengan pinggiran logam. Fungsi utama filter diesel adalah mencegah bahan pengkontaminasi yang berupa partikel-partikel halus (debu, karat, logam dll.) dan air agar tidak memasuki pompa injeksi dan injektor. Jarak celah antar komponen-komponen sistem bahan bakar diesel yang sangat kecil (beberapa mikron) memerlukan penyaringan yang efisien pada bahan bakar diesel untuk menjamin usia dan operasi sistem yang awet.



Gambar 4. tipe umum filter bahan bakar elemen kertas

## Sedimenter Bahan Bakar

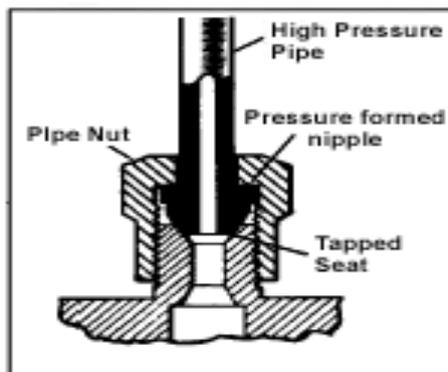
Sedimenter/pengendap bahan bakar digunakan bersama dengan filter sebagai alat primer untuk menghilangkan bahan pengkontaminasi berat atau berukuran besar serta untuk menjebak air. Sedimenter dibuat sedemikian rupa sehingga bahan pengkontaminasi berat dan air akan mengendap pada bagian dasar unit ini. Dengan demikian maka tidak menyumbat filter bahan bakar yang lebih halus. Pada beberapa sedimenter terdapat alat peringatan level air untuk memberitahu pengendara jika sudah saatnya untuk membersihkan sedimenter atau menguras air di dalamnya.



Gambar 5: Tipe umum sedimenter bahan bakar yang digunakan pada kendaraan diesel

## Pipa Injeksi

Pipa-pipa injeksi sistem bahan bakar diesel merupakan rangkaian bahan bakar bertekanan tinggi antara pompa injeksi dan injektor bahan bakar. Pengiriman bahan bakar yang bertekanan tinggi memerlukan pipa injeksi yang memiliki konstruksi dinding baja tebal tanpa sambungan dengan fitting/sambungan dubel berkekuatan tinggi supaya tidak terjadi kebocoran.



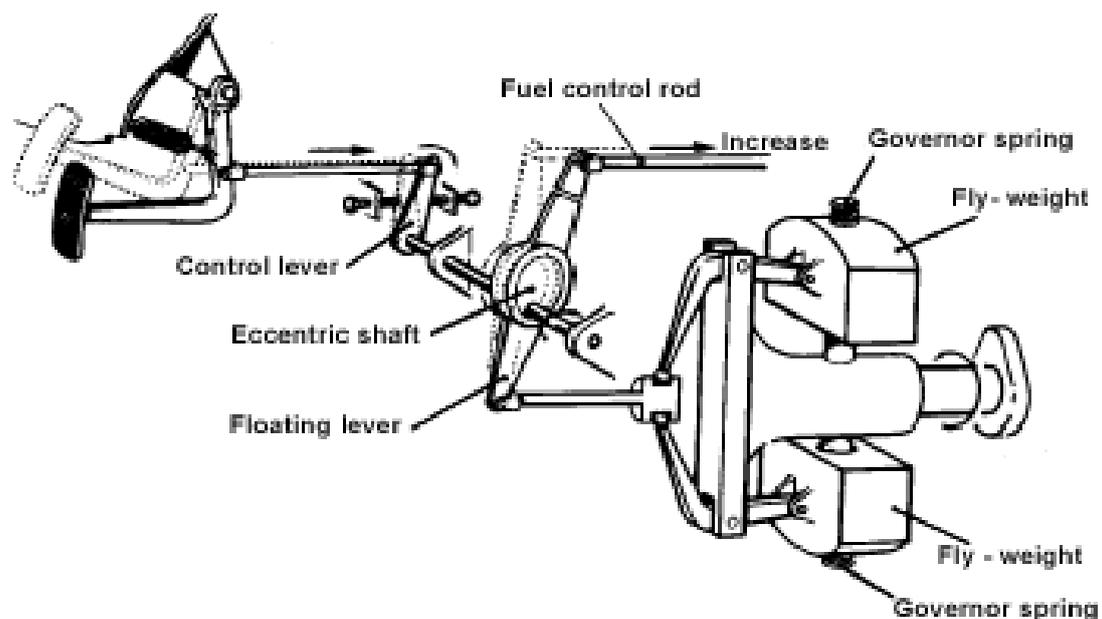
Gambar 6: Sambungan (fitting) pipa injeksi bertekanan tinggi

## Pipa-pipa Kebocoran Balik

Pipa-pipa kebocoran balik (*back leakage pipes*) mengalirkan kembali bahan bakar diesel yang di-bypass dari injektor dan pompa bahan bakar menuju ke tangki bahan bakar dengan menggunakan tekanan rendah. Konstruksi pipa-pipa tersebut terdiri dari baja low gauge dengan sambungan/fitting banjo yang biasanya digunakan untuk menghubungkan pada pompa bahan bakar dan injektor.

## Governor

Governor motor diesel merupakan alat yang digunakan untuk mengontrol kecepatan motor agar sesuai dengan besarnya beban kerja. Governor adalah alat mekanis yang biasanya digunakan berpasangan dengan pompa injeksi bahan bakar. Kerja governor dapat dikontrol dengan berbagai alat misalnya diafragma vakum, pembeban sentrifugal atau tekanan hidrolis. Fungsi utama governor adalah mengontrol besarnya bahan bakar yang diberikan oleh pompa injeksi sesuai posisi katup trotel yang ditentukan oleh operator atau pengendara dan beban motor. Oleh karena itu governor mengontrol keseluruhan kecepatan motor serta pada beberapa motor juga mengontrol kecepatan idle.

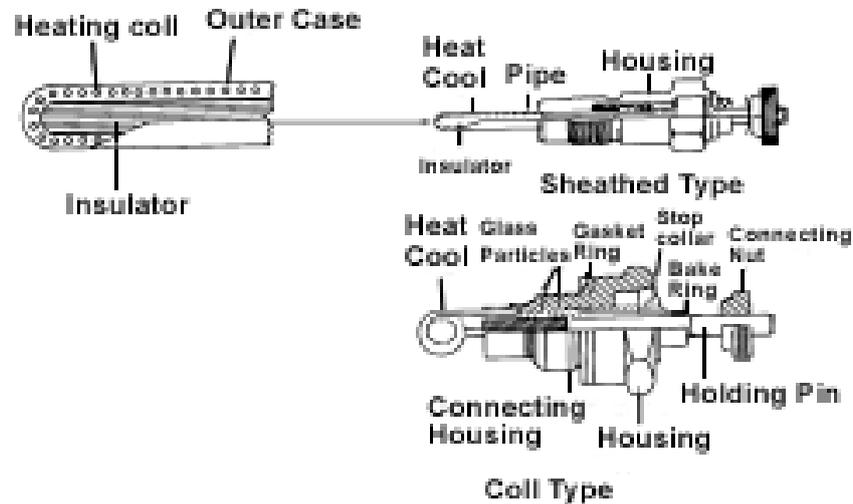


Gambar 7: Governor yang mengontrol kecepatan maksimum dan idle

## Alat-alat Starter Dingin

Walaupun bukan dianggap sebagai bagian dari sistem bahan bakar diesel, alat-alat pra-pemanasan merupakan komponen penting bagi efisiensi kerja motor diesel pada saat starter dingin. Alat-alat starter dingin, sebagaimana namanya, membantu pada saat starter motor diesel ketika motor masih dingin. Alat alat tersebut bekerja dengan dua macam prinsip, yaitu pra-pemanasan pada sistem atau penambahan bahan bakar yang lebih banyak pada campuran. Alat pra-pemanasan memberi pra-pemanasan pada masukan udara sebelum terjadinya pembakaran. Alat ini bisa berupa busi pijar atau pemanas manifold. Alat dengan prinsip bahan bakar tambahan mengakibatkan pompa injeksi

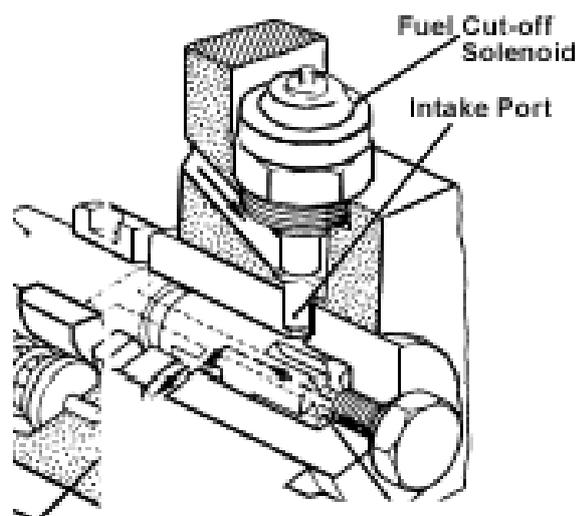
memberikan jumlah bahan bakar yang lebih banyak pada saat start agar dihasilkan campuran kaya yang lebih mudah terbakar.



Gambar.8: Dua macam busi pijar untuk membantu start dingin, tipe kumparan dan tipe selongsong (sheathed type)

### Solenoid Penghenti Bahan Bakar

Pada beberapa sistem terdapat solenoid listrik penghenti bahan bakar (cut off solenoid) yang berfungsi untuk menghentikan pemberian bahan bakar pada pompa injeksi sehingga menghentikan kerja motor. Solenoid digunakan untuk menghambat aliran bahan bakar atau untuk menggerakkan batang pengontrol pompa injeksi bahan bakar pada posisi "tidak ada bahan bakar". Biasanya solenoid digerakkan dengan saklar pengapian tetapi bisa juga digunakan saklar atau tombol kontrol terpisah.



Gambar 9: Solenoid listrik penghenti bahan bakar yang sering digunakan

## Tuas Kontrol

Governor pada pompa injeksi mengontrol pemberian bahan bakar motor. Dalam bekerja governor memerlukan input katup dari operator (pengemudi) melalui mekanisme hubungan mekanisme katup trotel yang mengoperasikan tuas kontrol pada pompa injeksi bahan bakar. Pada beberapa kasus level pengendalian akan meningkatkan pegas kontrol governor supaya lebih banyak bahan bakar yang diberikan, selama masih dalam batasan yang disesuaikan dengan beban dan kecepatan motor. Jika kecepatan motor terlalu tinggi dibandingkan posisi katup trotel maka governor akan mengatur tuas kontrol untuk mengurangi atau menyesuaikan pemberian bahan bakar sehingga kecepatan motor dikontrol.

## Rangkaian Sistem Bahan Bakar

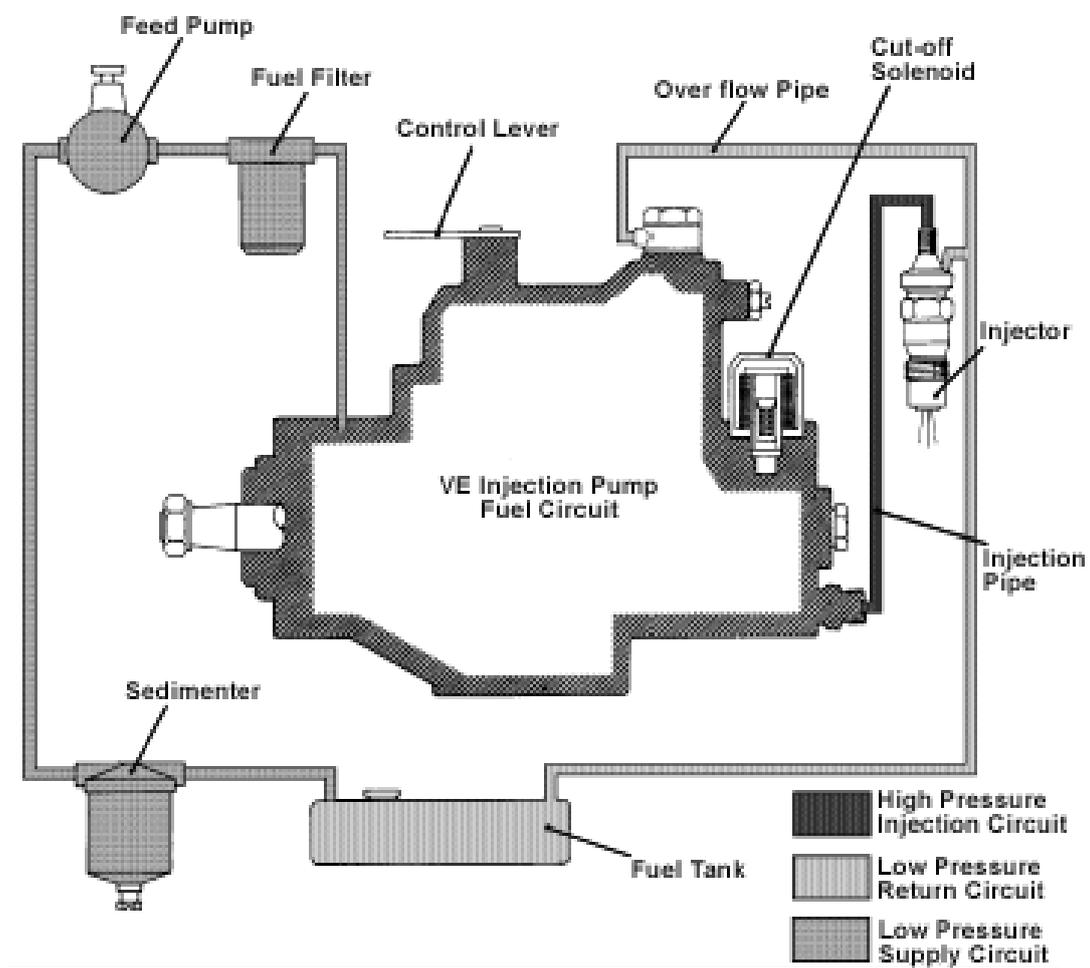


Diagram di atas menunjukkan rangkaian tekanan bahan bakar diesel dalam sistem bahan bakar diesel. Rangkaian bahan bakar pada umumnya terdiri dari tiga rangkaian utama, yaitu suplai bahan bakar bertekanan rendah, penyaluran bahan bakar bertekanan tinggi dan aliran kembali/pelimpah (overflow) bahan bakar bertekanan rendah.

Rangkaian suplai bertekanan rendah terdiri dari jalan suplai bahan bakar dari tangki bahan bakar, sedimenter dan filter, serta pompa pengangkat menuju ruang masukan pompa injeksi. Suplai bahan bakar dari tangki disirkulasikan oleh pompa pengangkat dengan tekanan yang rendah tetapi mencukupi untuk menjamin pengiriman melalui elemen-elemen filter bahan bakar. Biasanya pompa pengangkat terlebih dahulu memberikan suplai bahan bakar yang belum tersaring menuju sedimenter di mana bahan bakar dibebaskan dari air dan partikel-partikel berat. Kemudian bahan bakar mengalir melalui filter di mana partikel-partikel halus dibersihkan dari bahan bakar, sehingga bahan bakar yang bebas kontaminasi diberikan pada pompa injeksi. Pada beberapa keadaan sedimenter dan filter diletakkan sebelum pompa pengangkat sehingga pompa pengangkat memberikan langsung bahan bakar yang bersih pada pompa injeksi.

#### **Rangkaian Umum Bahan Bakar Bertekanan Rendah**

Tangki bahan bakar → pompa pengangkat → sedimenter → filter bahan bakar → pompa injeksi

#### **Rangkaian Tekanan Tinggi**

Rangkaian tekanan tinggi terdiri dari jalan aliran pemberian bahan bakar dari pompa injeksi bahan bakar menuju injektor bahan bakar. Pompa injeksi memberi tekanan tinggi yang cukup pada rangkaian bahan bakar tekanan tinggi supaya dapat mengoperasikan injektor bahan bakar mekanis. Tekanan ini berkisar antara 1200 hingga 3000 kpa (175 – 435 psi). Pompa injeksi mengirimkan bahan bakar bertekanan tinggi sebesar jumlah tertentu sesuai dengan yang dikehendaki oleh pengemudi serta pada pewaktuan atau urutan pengapian yang serupa dengan waktu pengapian pada motor yang menggunakan bahan bakar bensin. Dengan adanya tekanan tinggi pada rangkaian, maka untuk mencegah kebocoran diperlukan fitting dan pipa injeksi gauge heavy duty.

#### **Rangkaian Balik Tekanan Rendah**

Rangkaian balik/pelimpah bertekanan rendah terdiri dari kelebihan bahan bakar yang melewati komponen-komponen injektor yang digunakan untuk keperluan pelumasan dan pendinginan serta aliran pelimpahan bahan bakar dari pompa injeksi. Rangkaian balik ini mengembalikan bahan bakar tersebut kembali ke tangki bahan bakar dengan menggunakan tekanan rendah. Pipa-pipa rangkaian terbuat dari tabung baja berkekuatan rendah atau saluran Neoprene Rubber yang tahan terhadap bahan bakar.

### **Bahan-bahan Pengkontaminasi Bahan Bakar**

Bahan-bahan pengkontaminasi bahan bakar merupakan masalah besar dalam komponen-komponen sistem bahan bakar diesel. Celah antara mekanisme pemompaan bertekanan tinggi dengan mekanisme injeksi sangat kecil ukurannya, yaitu 2 sampai 4 mikron (0,002 mm – 0,004 mm). Oleh karena itu bahan bakar harus bersih. Ada tiga macam kontaminasi bahan bakar diesel, yaitu yang terdiri dari debu dan partikel-partikel kotoran, air dari udara lembab dan ganggang biologis.

#### **Kontaminasi Debu dan Kotoran**

Kontaminasi oleh debu dan kotoran pada bahan bakar menimbulkan bahaya yang besar bagi komponen-komponen sistem bahan bakar antara lain karena ukurannya yang besar. Bahaya besar yang ditimbulkan oleh debu dan partikel-partikel kotoran pada sistem bahan bakar adalah sifatnya yang sangat mengikis. Toleransi kecil pada keausan komponen sistem bahan bakar sudah menimbulkan penurunan performa serta kemungkinan kerusakan. Bahan-bahan kontaminasi dalam bentuk debu dan kotoran bisa memasuki sistem bahan bakar dari berbagai jalan, misalnya tangki bahan bakar pada stasiun pompa

bahan bakar umum atau tangki kendaraan. Endapan karat, bahan logam yang berasal dari komponen yang aus ataupun bahan-bahan lain juga bisa dimasukkan sebagai bahan kontaminasi debu dan kotoran. Penyaringan debu dan kotoran dilakukan dengan dua komponen. Sedimenter akan menjebak partikel-partikel berat sedangkan filter bahan bakar dari berbagai desain digunakan untuk menyaring partikel-partikel yang lebih halus yang berukuran sepersepuluh tebal rambut manusia.

### **Kontaminasi Air**

Secara tidak disengaja bisa terjadi kontaminasi air melalui pengisian bahan bakar pada tangki atau dari kondensasi udara lembab pada tangki yang terjadi akibat perubahan suhu. Jika kontaminasi air terjadi dalam jumlah yang cukup besar akan membahayakan sistem karena dapat menimbulkan karat, cekungan serta keausan pada permukaan halus yang melakukan pemompaan dan penginjeksian. Walaupun masuknya air dan pengembunan pada sistem bahan bakar tidak dapat dihindari sepenuhnya, pengurusan tangki bahan bakar dan sedimenter merupakan hal yang penting untuk mengurangi kerusakan yang ditimbulkan oleh air. Penyaringan tetesan air dilakukan dengan sedimenter yang berfungsi sebagai penjebak air dan filter bahan bakar yang mencegah partikel air yang besar agar tidak melewati mekanisme penyaringannya yang halus.

### **Kontaminasi Ganggang Biologis**

Kontaminasi ganggang biologis adalah suatu keadaan di mana mikro organisme yang selalu ada di atmosfer setiap saat, masuk dan berkembang biak pada bahan bakar dan membentuk lapisan ganggang yang bisa menyumbat filter bahan bakar. Mikro organisme memasuki sistem melalui lubang pernapasan (breather) tangki atau filter bahan bakar dan muncul pada lapisan antara air dan bahan bakar di dasar tangki bahan bakar. Problem kontaminasi ganggang meningkat pada kondisi dingin atau pada daerah-daerah yang sangat lembab. Kontaminasi ganggang cenderung mempengaruhi kendaraan yang tidak digunakan dalam waktu lama. Penyaringan atau pengurangan banyaknya ganggang dilakukan dengan sedimenter yang menjebak bahan pengontaminasi. Tetapi cara yang paling efektif adalah pembersihan tangki bahan bakar secara periodik atau pemberian bahan kimia pada bahan bakar untuk membunuh mikro organisme.

## **Kerja Komponen-Komponen**

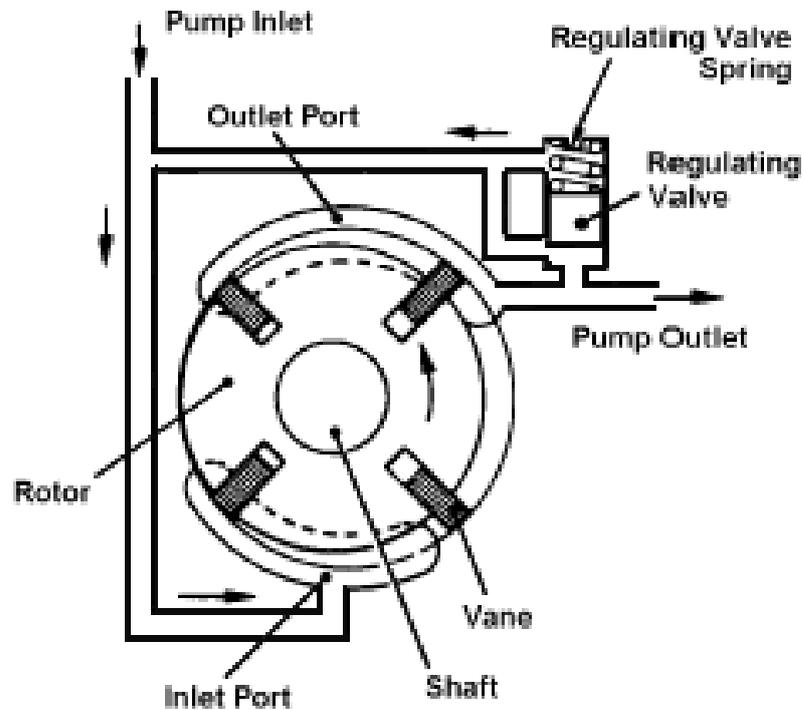
### **Pompa Pengangkat**

Sebagaimana telah kita ketahui pompa pengangkat mempunyai fungsi utama untuk memberi suplai pompa injeksi bahan bakar dengan suplai bahan bakar yang konstan serta mengalirkan bahan bakar dari tangki bahan bakar melalui berbagai alat penyaring. Desain pompa pengangkat ada berbagai macam, tipe baling-baling (kebanyakan digunakan pada pompa injeksi VE rotary), pompa diafragma, pompa plunyer (plunger pump), serta pompa roda gigi. Karena fungsi pada pompa pengangkat adalah untuk menyalurkan suplai bahan bakar yang konstan pada pompa, pompa tersebut didesain sedemikian hingga dapat mengatur suplai bahan bakar sesuai dengan kebutuhan. Untuk mencapai tujuan tersebut digunakan berbagai alat pada tiap desain pompa ini, ada yang menggunakan katup regulator dan ada pula yang menggunakan hentakan pompa yang berubah.

### **Pompa Pengangkat Baling Baling**

Pada diagram di bawah ini digambarkan desain umum pompa pengangkat sistem diesel tipe vane yang digunakan pada pompa injeksi VE rotari. Kerja pemompaan unit ini cukup sederhana. Pada saat pompa memutar baling-baling yang dapat bergeser di dalam slot motor, maka akan terjadi peningkatan ukuran atau volume pada jalan masuk kamar. Bahan bakar disedot ke dalam daerah ruang yang bertekanan rendah dan tertampung

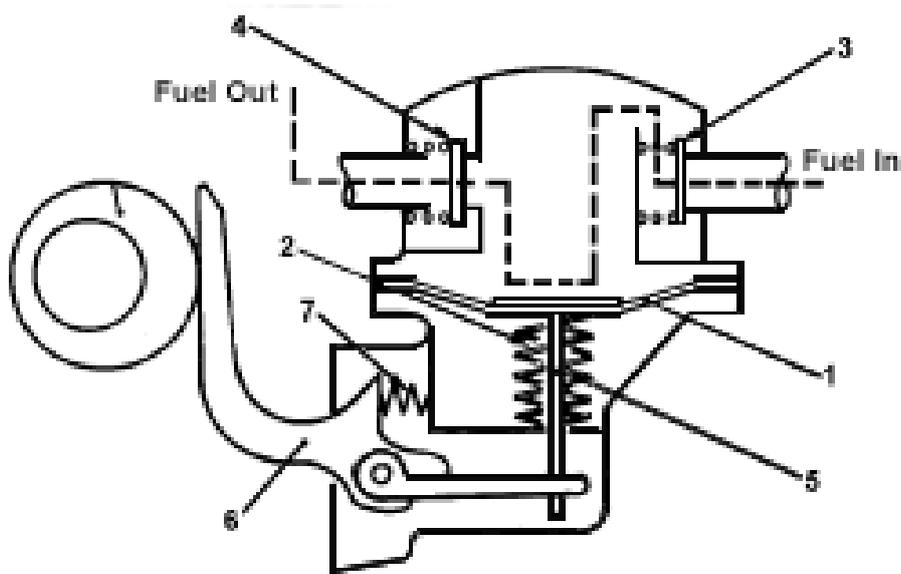
dalam baling-baling yang berputar. Pada saat baling-baling mencapai ruang jalan keluar yang ukurannya atau volumenya mengecil maka bahan bakar yang terjebak pada baling-baling keluar dari pompa. Pengaturan penyaluran bahan bakar dikontrol menggunakan katup regulasi pada sisi jalan keluar pompa. Jika tidak diperlukan suplai bahan bakar pada pompa injeksi, maka tekanan yang terjadi pada sisi jalan keluar akan menekan pegas pengontrol katup regulasi, sehingga kelebihan aliran bahan bakar dapat dilimpahkan pada sisi jalan masuk pompa. Pada saat terjadi peningkatan permintaan bahan bakar katup menutup dan penyaluran bahan bakar berlangsung kembali secara penuh.



Gambar 10: Pompa pengangkat sistem bahan bakar diesel tipe baling-baling sederhana

### Pompa Pengangkat Diafragma

Gambar berikut ini menunjukkan tipe dasar pompa diafragma. Pompa diafragma pada umumnya dipasang pada blok motor atau pada sisi pompa injeksi. Komponen-komponen utama pompa terdiri dari (1) diafragma, (2) pegas pengembali diafragma, (3) katup masukan, (4) katup keluaran, (5) batang penarik diafragma, (6) lengan pengungkit bubungan, (7) pegas pengembali lengan bubungan. Kerja pompa adalah sebagai berikut :



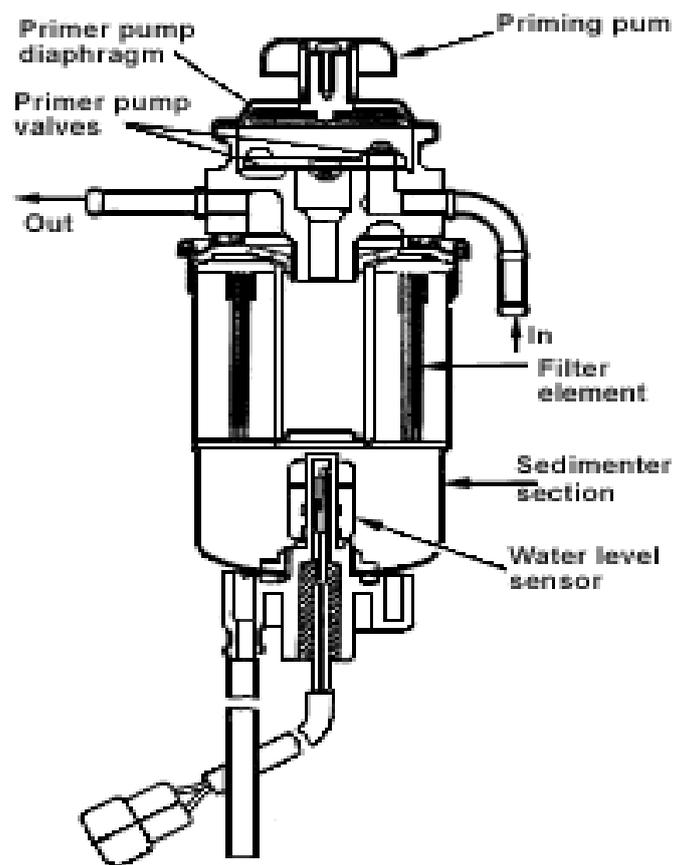
Gambar 11: Pompa pengangkat bahan bakar tipe diafragma sederhana

### Kerja Pompa Pengangkat Tipe Diafragma

Pada saat motor atau poros bubungan pompa injeksi berputar, puncak bubungan eksentris menggerakkan tuas/lengan yang menggerakkan pompa. Tuas tersebut menarik batang diafragma ke arah bawah sehingga menyebabkan diafragma bergerak ke bawah dan meningkatkan volume pada kamar pemompaan. Tekanan atmosfer pada tangki bahan bakar bekerja pada bahan bakar menekannya pada katup masukan satu arah menuju area tekanan rendah pada kamar pemompaan. Pada saat puncak bubungan bergerak menjauhi tuas pompa, diafragma terdesak ke atas oleh pegas pengembali diafragma. Maka volume kamar pemompaan yang mengecil mengakibatkan bahan bakar terdesak keluar melalui katup jalan keluar satu-arah menuju pompa injeksi. Pengaturan suplai bahan bakar dikontrol dengan pukulan diafragma yang dipengaruhi oleh tekanan pegas pengembali diafragma serta dua tuas penggerak kerja pompa yang bisa bergerak secara terpecah. Pada saat permintaan suplai bahan bakar menurun, tekanan yang terjadi pada ruang pemompaan menghalangi pegas pengembali diafragma agar tidak mendesak diafragma menyelesaikan pukulannya ke atas. Maka pemberian bahan bakar dibatasi. Gerakan yang terpecah antara tuas penggerak dan penghubung diafragma memungkinkan tuas penggerak untuk melengkapi gerakan naik bubungan tanpa ikut menggerakkan diafragma jika pukulan dikurangi. Jika permintaan suplai bahan bakar meningkat maka tekanan yang lebih rendah pada ruang pemompaan akan membuat diafragma bisa melakukan pukulan secara penuh dan menyalurkan bahan bakar secara penuh.

## Tuas Pengepriman Tangan

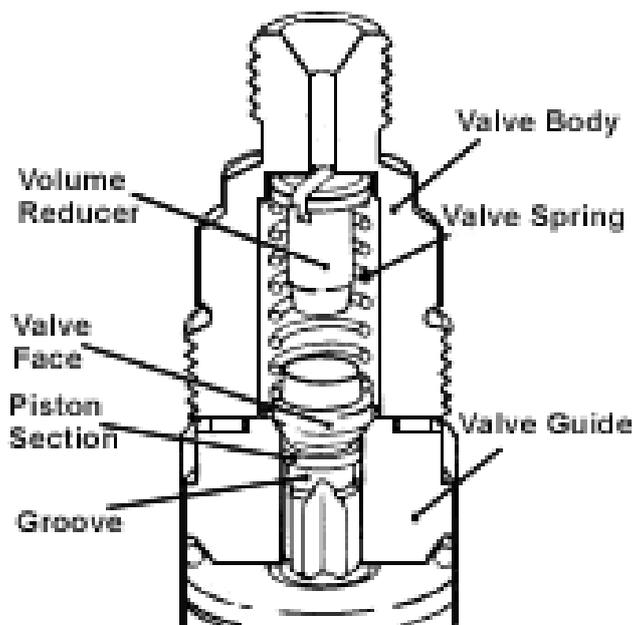
Sebagaimana disebutkan dalam buku May and Crouse, pengepriman dengan tangan dilakukan untuk menyirkulasikan bahan bakar secara manual pada rangkaian bertekanan rendah sistem disel. Hal tersebut dilaksanakan untuk membuang udara supaya mengurangi perlunya memutar motor oleh motor starter untuk menggerakkan pompa. Pada motor diesel modern terdapat tekanan kompresi yang tinggi, sehingga penggunaan motor starter yang berlebihan akan mengakibatkan peningkatan keausan komponen atau pembebanan berlebihan. Pompa pengepriman tangan biasanya terpasang pada pompa pengangkat untuk menggerakkan mekanisme pemompaan pada pompa secara manual. Tetapi ada beberapa pompa pengepriman yang bisa bekerja secara terpisah terhadap pompa suplai. Primer/pompa pengepriman jenis ini bisa diletakkan pada filter bahan bakar atau rumah sedimenter. Prinsip kerja yang digunakan ada dua macam, yaitu pompa pengepriman jenis diafragma atau pompa pengepriman tipe plunyer. Beberapa pompa pengepriman tipe plunyer didesain menggunakan plunyer pemompaan ke bawah terkunci untuk mencegah kebocoran udara atau bahan bakar pada saat operasi normalnya. Plunyer pompa primer dibuka sekrapnya dulu sebelum plunyer dioperasikan kemudian dikencangkan kembali pada posisi mengunci setelah selesai dilaksanakan pembuangan udara. Jika plunyer pemompaan tidak terkunci dengan baik maka bisa mengakibatkan terjadinya kebocoran udara melalui plunyer pada sistem bahan bakar. Hal tersebut akan mengakibatkan performa motor yang buruk atau tidak bisa start.



Gambar 12: Pompa pengepriman tangan tipe diafragma sedimenter/filter bahan bakar

## Kerja Katup Penyalur

Katup penyalur (delivery valve) diletakkan sesudah elemen pemompaan pada pompa injeksi bahan bakar. Sisi masukan katup penyalur terhubung pada rangkaian pemompaan bertekanan tinggi pada pompa injeksi sedangkan sisi jalan keluar terpasang pada pipa injektor bahan bakar. Bahan bakar yang disemprotkan atau diinjeksikan dalam jumlah yang terukur mengalir dari plunyer atau elemen pemompaan melalui katup penyalur ke arah injektor bahan bakar.



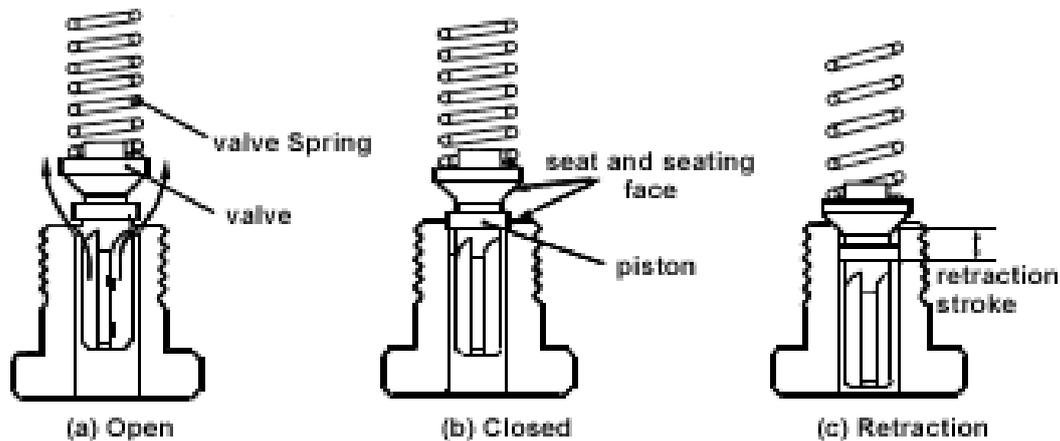
Gambar 13: Jenis umum katup penyalur pompa injeksi diesel

Pada gambar 1.13 ditunjukkan jenis umum katup penyalur. Komponen-Komponen utama katup penyalur terdiri dari muka/bidang katup, pegas katup, bagian piston, celah katup, pengarah katup dan bodi katup penyalur. Katup diletakkan pada pengarahnya. Katup menumpu pada pengarah melalui bidang yang berbentuk mengerucut pada katup yang ditahan bidang dudukan pada pengarah. Di bawah bidang dudukan katup terdapat bagian bodi paralel yang berfungsi sebagai piston kecil di dalam lubang pengarah. Agar bahan bakar dapat mengalir melalui katup maka katup harus terdesak ke atas dari dudukannya hingga posisi tertentu sehingga piston bergerak keluar dari lubang pengarah. Maka bahan bakar dapat mengalir melalui katup menuju injektor.

Fungsi-fungsi katup penyalur adalah sebagai berikut :

1. Pada saat plunyer pemompaan pompa injeksi melakukan pukulan untuk menghisap aliran maka katup penyalur berfungsi sebagai katup pencegah aliran kembali. Hal ini bertujuan untuk mencegah bahan bakar yang ada di atas katup penyalur pada pipa injeksi dan injektor tertarik kembali menuju ruang pemompaan.
2. Setelah penginjeksian/penyemprotan, katup piston menutup lubang pengarah sehingga timbul penurunan mendadak pada tekanan bahan bakar pada injektor bahan bakar dengan segera setelah dilakukan penginjeksian. Penurunan tekanan secara mendadak membuat katup jarum injektor menutup dengan cepat sehingga injeksi bahan bakar terhenti secara cepat dan bersih tanpa terjadi "tetesan" (dribble).

- Menjaga adanya suplai bahan bakar bertekanan rendah pada injektor bahan bakar dan pipa injeksi setelah injeksi selesai dilakukan. Hal tersebut dilakukan dengan pukulan penarikan kembali (retraction stroke) bidang dudukkan yang menyekat bidang permukaan pengarah sesudah piston katup selesai memulai menyekat pengarah. Tekanan rendah tersebut mengakibatkan terjadinya pemberian tekanan tinggi pada penyaluran bahan bakar oleh gerakan ke atas plunyer pada pompa injeksi. Hal ini menjamin kerja injektor yang efektif.



Gambar 14: Tiga tahap kerja katup penyalur, terbuka, tertutup dan menarik kembali (retraksi)

### Menstarter dan Menghentikan Motor Diesel

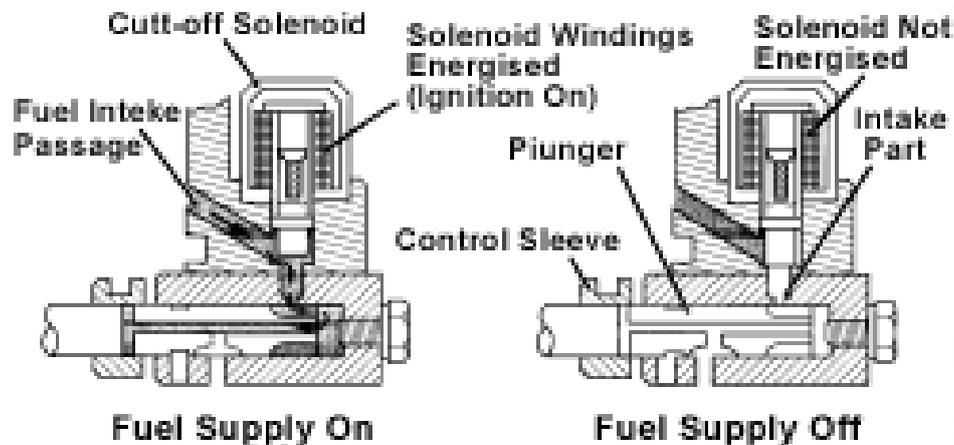
Kebanyakan motor diesel kendaraan ringan menggunakan motor starter sebagai alat untuk starter, sedangkan kendaraan-kendaraan yang lebih besar memakai alat starter yang menggunakan udara terkompresi. Motor diesel yang menggunakan motor starter listrik biasanya memerlukan pekerjaan yang mudah untuk mengoperasikan motor starter yaitu dengan saklar pengapian. Sedangkan jika kendaraan menggunakan sistem busi pijar listrik, alat yang menggunakan pengaturan bahan bakar tambahan ataupun manifold listrik pra-pemanasan, maka operator harus meletakkan saklar pengapian pada posisi pemanasan selama suatu selang waktu yang diperlukan sebelum mencoba menyalakan motor.

### Menghentikan Motor Diesel

Dalam menghentikan semua jenis motor diesel diperlukan suatu metoda penghentian penyaluran bahan bakar pada injektor, yang berarti akan menghentikan motor. Pada kebanyakan motor diesel kendaraan kecil hal tersebut dilakukan dengan cara menggunakan sebuah selenoid listrik yang dikontrol oleh saklar pengapian. Secara umum ada dua cara untuk menghentikan pasokan bahan bakar dengan menggunakan selenoid listrik. Yang pertama adalah menghentikan aliran pada pompa injeksi sehingga penyaluran bahan bakar menjadi terhenti. Alat yang memiliki sistem demikian biasanya disebut dengan selenoid cut off. Gambar 1.15 menunjukkan diagram selenoid cut off sederhana. Diagram menunjukkan kerja selenoid pada posisi terbuka (pengapian on) dan tertutup (pengapian off).

Alat yang dikontrol oleh selenoid jenis ke dua biasanya digunakan pada pompa injeksi bahan bakar inline. Selenoid menggerakkan batang bergigi pengontrolan bahan bakar pada posisi "tidak ada bahan bakar" untuk menghentikan motor. Dengan menggerakkan batang bergigi pada posisi tidak ada bahan bakar akan menghentikan kerja plunyer elemen

pemompaan dalam menyalurkan bahan bakar pada injektor. Jika saklar pengapian dalam posisi on maka selenoid akan mendapat aliran listrik sehingga mengakibatkan batang bergigi diam pada posisi penyaluran bahan bakar idle. Jika saklar pengapian pada posisi off maka selenoid yang kehilangan aliran listrik akan membuat batang bergigi bergerak kembali pada posisi tidak ada bahan bakar.



Gambar 15: Unit penghenti pasokan bahan bakar tipe selenoid listrik pada pompa injeksi VE

### Alat-alat Start Dingin

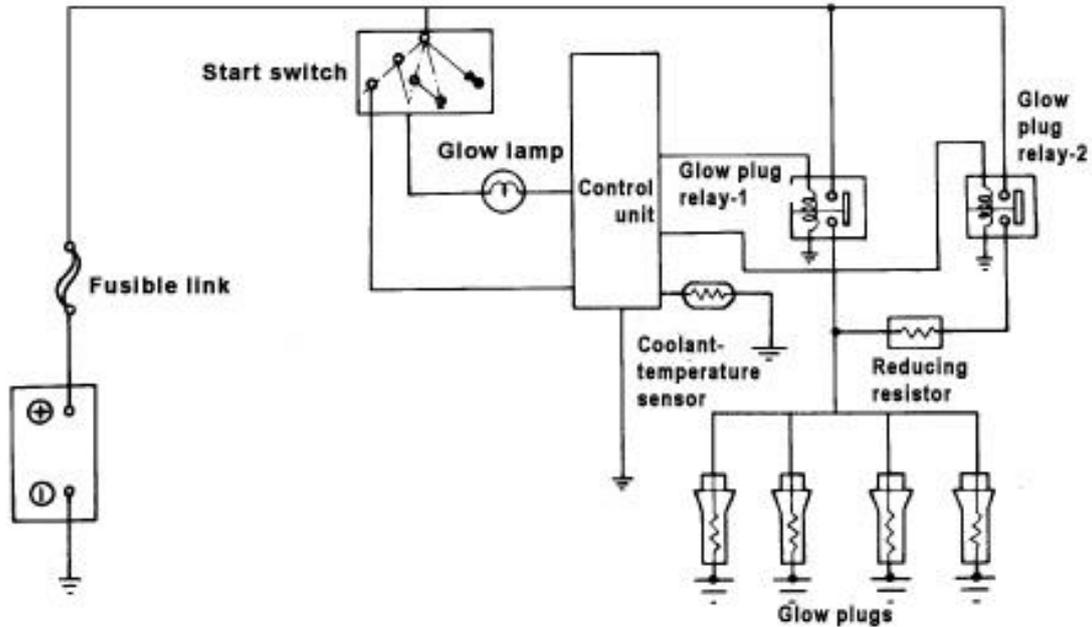
Alat-alat start dingin digunakan untuk membantu menyalakan motor-motor diesel kendaraan ringan pada starter awal saat motor masih dingin. Karena motor diesel merupakan motor pengapian kompresi yang bergantung pada temperatur udara dari kompresi tinggi untuk membakar campuran udara/bahan bakar, maka starter dingin bisa menimbulkan problem yang disebabkan tidak cukup tingginya tekanan kompresi agar dapat terjadi pembakaran. Alat start dingin digunakan pada kondisi dingin untuk membantu memulai start dengan memberikan tambahan bahan bakar (yaitu campuran yang lebih kaya) untuk start atau dengan memberikan pasokan udara yang dipanasi pada ruang pembakaran untuk meningkatkan pembakaran.

### Alat pemberian bahan bakar tambahan

Pompa injeksi bahan bakar inline menggunakan penyetop posisi bahan bakar maksimum untuk membatasi gerakan batang bergigi pengontrol bahan bakar, sehingga mengontrol jumlah maksimum bahan bakar yang disalurkan oleh pompa injeksi. Untuk memulai start, alat pemberi bahan bakar tambahan bisa mengabaikan posisi penyetop bahan bakar maksimum batang bergigi pengontrol sehingga pompa injeksi dapat memberikan sejumlah bahan bakar tambahan. Bahan bakar yang lebih banyak tersebut menghasilkan campuran kaya yang lebih mudah terbakar untuk keperluan start. Jika motor telah start alat pemberi tambahan bahan bakar menjadi tidak bekerja lagi. Alat-alat demikian biasanya dioperasikan dengan menggunakan motor listrik dan kabel.

### Sistem Busi Pijar

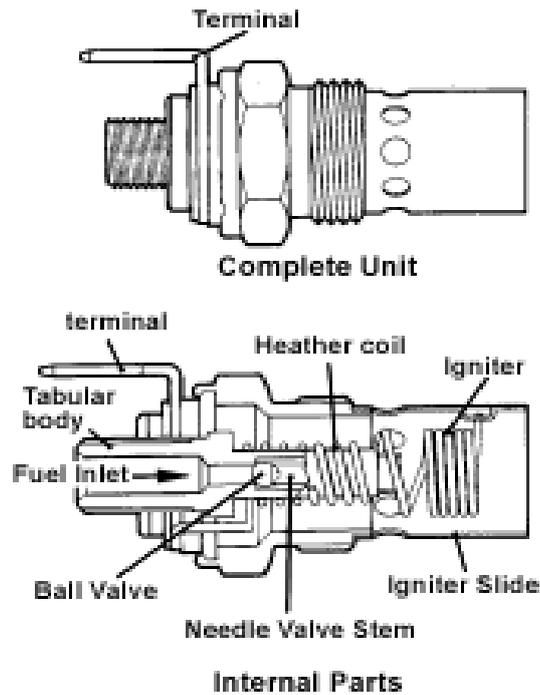
Busi pijar merupakan unit pemanas yang bekerja dengan listrik dan dipasang pada ruang pra-pembakaran pada motor diesel tipe injeksi tak langsung. Alat tersebut menggunakan aliran arus untuk memanasi elemen pemanas busi pijar sehingga terjadi peningkatan temperatur pada udara yang terkompresi di ruang pembakaran. Kerja busi pijar dikontrol dengan menggerakkan saklar pengapian pada posisi pra-pemanasan sebelum mengengkol motor. Sebuah alat timer busi pijar mengontrol waktu kerja busi agar tidak terjadi beban berlebihan. Jika busi telah memanasi udara pada ruang pembakaran sesuai selang waktu yang diperlukan maka motor dapat diengkol dan dinyalakan dengan mudah.



Gambar 16: Sistem busi pijar yang biasa digunakan pada motor diesel

### Pemanas Manifold Masukan

Alat-alat ini bekerja dengan prinsip yang sama dengan busi pijar dalam hal memanasi udara yang memasuki ruang pembakaran untuk membantu proses pembakaran. Pemanas manifold jalan masuk menggunakan kumparan pemanas pada manifold jalan masuk yang juga dikontrol oleh saklar pengapian dan timer dengan prinsip yang sama seperti pada busi pijar. Saat bekerja kumparan pemanas listrik berpijar karena aliran arus sehingga memanaskan udara pada manifold jalan masuk. Saat motor diengkol udara yang hangat terhisap masuk silinder sehingga membantu pembakaran awal motor. Jika motor telah start maka pemanas manifold tidak bekerja hingga diperlukan lagi start dingin.



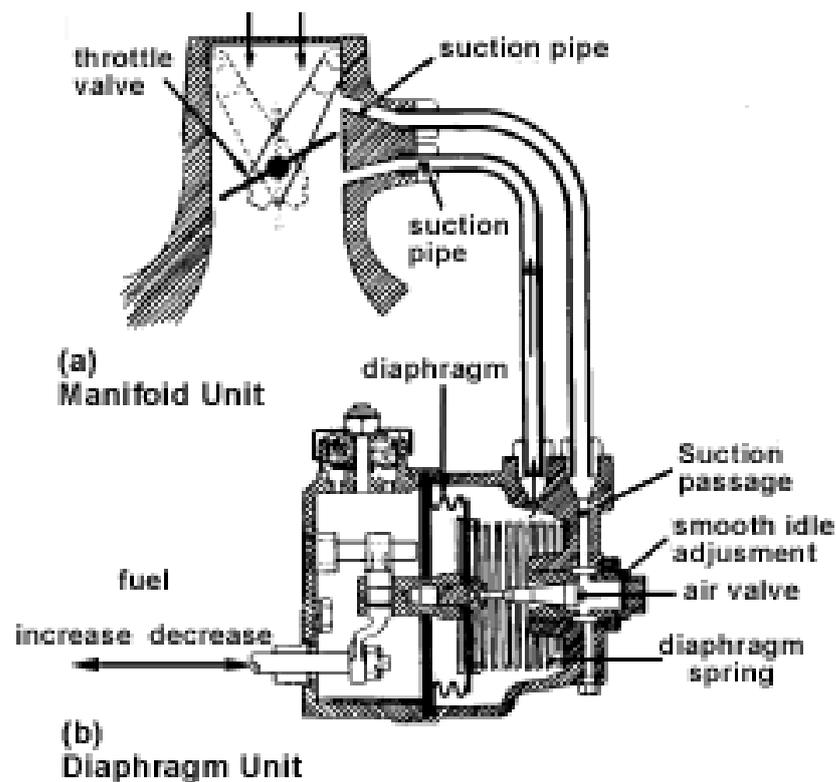
Gambar 17: Pemanas manifold jalan masuk type thermostat

### Governor

Seperti yang telah disebut di muka, governor berfungsi mengontrol penyaluran oleh pompa bahan bakar sesuai dengan posisi trolol/katup cerat dan beban motor, yang berarti mengontrol kecepatan motor atau menghentikannya dari kecepatan yang berlebihan. Ada tiga jenis yang umum pada desain governor, yaitu diafragma yang bekerja dengan vakum, pembeban sentrifugal dan hidrolis. Masing-masing desain bekerja dengan cara yang berbeda satu sama lain tetapi memberikan hasil yang sama. Prinsip dasar kerja ketiga governor sistem bahan bakar diesel adalah sebagai berikut :

#### Governor Diafragma Vakum atau Pneumatis

Governor diafragma vakum atau pneumatis mengontrol kecepatan trolol idle dan maksimum dengan menggunakan vakum manifold untuk menggerakkan diafragma yang mempengaruhi batang bergigi pengontrol dan pompa injeksi bahan bakar inline. Governor seperti yang ditunjukkan dalam gambar 1.18 terdiri dari (a) sebuah unit vakum manifold yang terpasang pada jalan masukan manifold. Termasuk pada unit ini adalah sebuah katup cerat dan dua jalan masuk vakum, sebuah untuk bukaan katup trolol idle dan yang lainnya untuk bukaan maksimum. (b) unit diafragma yang terpasang pada pompa injeksi. Unit ini meliputi diafragma yang mengoperasikan batang bergigi pengontrol bahan bakar dan sebuah pegas pengembali diafragma yang menekan diafragma pada posisi bahan bakar penuh. Kedua unit dihubungkan dengan dua buah saluran vakum.



Gambar 18: Governor jenis diafragma vakum atau pneumatis sederhana

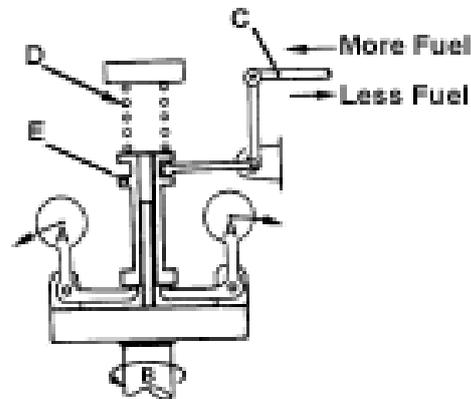
### Kerja Dasar Governor

Kerja dasar governor adalah sebagai berikut : pada saat motor mati pegas pengembali diafragma menekan diafragma dan batang bergigi ke arah kiri pada posisi bahan bakar penuh. Jika motor di-starter sumber vakum dari plat trotel bekerja mendorong diafragma ke arah kanan sehingga mengurangi penyaluran oleh pompa injeksi dan mengontrol kecepatan motor sesuai dengan posisi trotel. Saat trotel dibuka, suplai vakum pada diafragma menurun sehingga diafragma terdesak ke kiri oleh pegas pengembali yang meningkatkan penyaluran bahan bakar dan kecepatan motor. Vakum manifold menjadi hilang saat trotel membuka penuh sehingga pegas pengembali mendesak diafragma pada posisi bahan bakar penuh. Vakum manifold yang tertinggi adalah pada saat posisi trotel menutup dan diafragma terdesak pegas pengembali untuk menggerakkan batang bergigi pada posisi bahan bakar minimum atau idle.

### Governor Sentrifugal atau Mekanis

Governor sentrifugal atau mekanis menggunakan flyweight yang berputar sebagai alat standar operasinya. Pinsip kerjanya serupa dengan sistem maju mekanis distributor. Saat motor dan pompa injeksi bahan bakar berputar, bekerja gaya sentrifugal pada flyweight yang berputar yang mengontrol posisi batang bergigi atau batang pengontrol bahan bakar pompa injeksi. Sebuah governor mekanis sederhana ditunjukkan pada gambar 1.19. Governor tersebut terdiri dari dua buah flyweight (A) yang beraksi pada batang penghubung (sliding yoke) (E). Poros pompa injeksi yang menggerakkan motor mengakibatkan flyweight bergerak ke arah luar sehingga mendesak sliding yoke pada pegas governor (D). Tekanan pada pegas governor mengontrol posisi trotel, tekanan lemah pada idle, tekanan kuat pada trotel membuka penuh. Pada saat batang penghubung bergerak kembali karena tekanan pegas governor ia juga mengontrol posisi batang pengontrol bahan bakar (C) sehingga

mengontrol penyaluran bahan bakar dan kecepatan motor. Semakin lemah tekanan pegas governor maka semakin kecil kecepatan motor yang diperlukan untuk menggerakkan pembeban sentrifugal keluar untuk mengurangi penyaluran bahan bakar dan menjaga kecepatan motor agar tetap perlahan. Semakin kuat tekanan pegas governor maka semakin besar kecepatan motor yang diperlukan untuk menggerakkan beban sentrifugal keluar untuk mengurangi penyaluran bahan bakar sehingga kecepatan motor tetap tinggi.



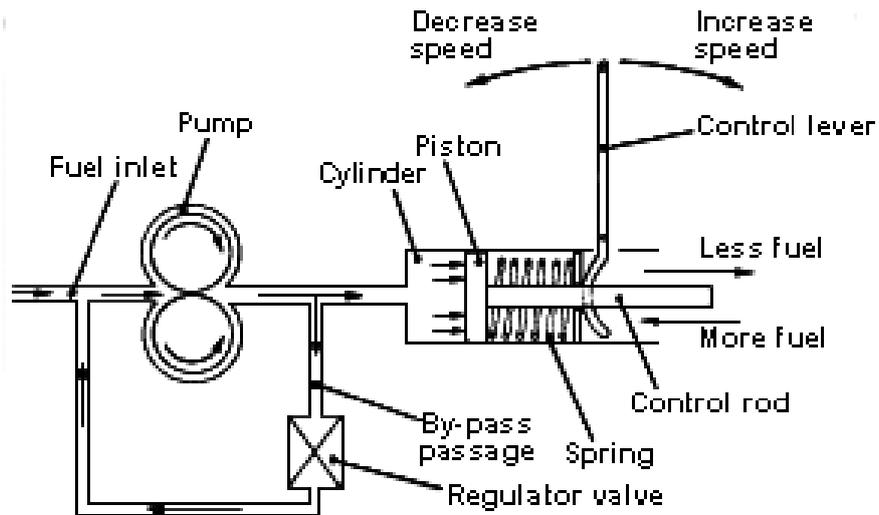
*Gambar 19: Governor sentrifugal sederhana*

### **Kerja Dasar Governor Sentrifugal**

Kerja dasar governor adalah sebagai berikut : saat motor telah berhenti pegas governor menahan batang penghubung dan batang pengontrol bahan bakar pada posisi bahan bakar penuh. Pada saat motor distarter terdapat gaya sentrifugal yang menggerakkan beban ke luar, beban mengadakan aksi pada batang yoke dan menggerakkannya melawan pegas governor yang bertekanan rendah, sehingga mendesak batang bergigi pengontrol ke arah bahan bakar yang lebih sedikit (idle ) atau posisi kecepatan motor yang rendah. Saat tekanan trolol meningkat maka tekanan pada pegas governor meningkat sehingga mendesak batang yoke kembali pada posisi bahan bakar penuh untuk meningkatkan kecepatan motor. Akhirnya dicapai suatu titik di mana beban bergerak keluar dengan gaya sentrifugal yang mencukupi untuk mengurangi kembali peningkatan penyaluran bahan bakar, sehingga menjaga kecepatan motor yang konstan. Bahan bakar penuh diperoleh saat tekanan pegas governor cukup untuk menahan yoke terhadap gaya sentrifugal beban, sehingga terjadi penyaluran bahan bakar dan kecepatan motor yang maksimum.

### **Governor Hidrolis**

Governor hidrolis merupakan alat mekanis yang menggunakan tekanan minyak pelumas atau bahan bakar untuk menggerakkan piston servo untuk mengontrol operasi batang pengontrol bahan bakar. Beberapa governor hidrolis menggunakan flyweight untuk mengontrol tekanan cairan yang menggerakkan batang pengontrol. Tekanan hidrolis minyak pelumas atau bahan bakar diperoleh dari pompa, baik yang bertipe baling-baling ataupun bertipe roda gigi, dan biasanya merupakan pompa pengangkat utama dari pompa injeksi bahan bakar. Tekanan pompa berubah jika kecepatan motor berubah, sehingga menjadi media yang efektif dalam meraba rpm motor untuk mengontrol penyaluran bahan bakar pompa injeksi.



Gambar 20: Governor hidrolis sederhana

### Kerja Dasar Governor

Bahan bakar diesel dari rangkaian tekanan rendah mendapat tekanan dari pompa baling-baling atau pompa roda gigi. Jika kecepatan motor meningkat maka tekanan tersebut juga meningkat. Tetapi hal tersebut diatur oleh alat regulasi pada sisi jalan keluar pompa penyuplai, sehingga menjamin peningkatan tekanan yang proporsional terhadap kecepatan motor. Jika motor berhenti maka pegas governor mendesak batang pengontrol ke arah posisi bahan bakar penuh. Saat motor distarter dan trolol idle, tekanan pegas governor kecil sehingga tekanan hidrolis dari pompa penyuplai menimbulkan aksi pada piston governor dan menggerakannya menekan pegas untuk menggerakkan batang pengontrol pada posisi bahan bakar yang lebih rendah (idle). Saat trolol dinaikkan hingga posisi medium, tekanan pegas governor diperbesar oleh tuas pengontrol. Tekanan pegas mengalahkan tekanan hidrolis pompa penyuplai sehingga menggerakkan batang kopontrol bergerak ke arah posisi bahan bakar yang lebih tinggi dan kecepatan motor meningkat.

Kecepatan motor diatur oleh tekanan pegas governor hingga kecepatan motor naik cukup tinggi supaya tekanan bahan bakar hidrolis pompa penyuplai lebih besar dari tekanan pegas, maka penyaluran bahan bakar dihentikan. Pada bukaan trolol maksimum, tekanan pegas governor berada pada nilai maksimum sehingga penyaluran bahan bakar penuh dapat berlangsung, bergantung pada tekanan pompa penyuplai. Kecepatan maksimum motor dikontrol oleh tekanan yang dihasilkan oleh pompa penyuplai pada nilai yang dapat mengalahkan tekanan pegas governor. Jika ini dicapai maka dicegah penyaluran bahan bakar yang lebih banyak. Jika tuas kontrol digerakkan untuk mengurangi trolol, maka tekanan pegas governor berkurang, kecepatan motor menjadi tinggi. Maka tekanan pompa penyuplai mendorong piston sehingga mendesak pegas. Akibatnya batang kontrol bergerak mengurangi posisi bahan bakar dan kecepatan motor pun berkurang.