

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Alat Berat

Alat berat (*heavy equipment*) adalah alat mekanis yang mempunyai desain dan fungsi untuk memindahkan material dalam jumlah besar sehingga bisa memudahkan dan mempercepat suatu pekerjaan. Penggunaan alat berat dengan tenaga yang besar lebih sanggup melaksanakan pekerjaan yang tidak sanggup dilakukan oleh tenaga manusia. Dengan indikator dan batas volume tertentu, penggunaan alat berat lebih ekonomis daripada menggunakan tenaga manusia. Alat berat merupakan jawaban akan kebutuhan peralatan yang mampu bekerja dengan tenaga besar dan mobilitas tinggi.

2.1.1 Klasifikasi Alat Berat

A. Wheel Loader

Wheel Loader adalah alat pemuat atau pengangkut dan pemindah material yang beroda ban. Alat ini biasanya digunakan untuk trek yang pendek.



Sumber : Volvo Brochure

Gambar 2.1 *Wheel Loader*

B. Backhoe Loader

Backhoe Loader merupakan gabungan dari dua alat berat yang berbeda fungsi. Bagian depan dilengkapi dengan *Bucket* yang berfungsi sebagai *Loader* dan bagian belakang dilengkapi dengan *Backhoe*

(*Bucket, Arm, dan Boom*) seperti *Excavator* yang digunakan untuk menggali.



Sumber : Volvo Brochure

Gambar 2.2 *Backhoe Loader*

C. *Excavator*

Excavator merupakan alat berat yang berfungsi untuk menggali, memuat, membuat saluran air atau saluran pipa, pengerukan tanah, dan lain-lain berdasarkan jenis *Bucketnya*.



Sumber : Volvo Brochure

Gambar 2.3 *Excavator*

D. *Articulated Hauler*

Articulated Dump Truck merupakan alat berat yang berfungsi sebagai untuk mengangkut material untuk trek menengah sampai jauh.



Sumber : Volvo Brochure

Gambar 2.4 *Articulated Hauler*

E. *Motor Grader*

Motor Grader merupakan alat berat yang berfungsi untuk meratakan permukaan tanah, menggusur bagian yang tidak rata, menghaluskan permukaan, mengikis bagian kasar, membentuk saluran bentuk “V”, membersihkan lereng, dan lain-lain.

Di daerah barat unit ini sering digunakan sebagai pengikis timbunan es akibat salju.



Sumber : Volvo Brochure

Gambar 2.5 *Motor Grader*

F. Paver

Paver merupakan alat berat yang berfungsi khusus untuk perlakuan aspal permukaan jalan mulai dari meratakan sampai memadatkan aspal hingga ketebalan dan kekerasan yang presisi.



Sumber : Volvo Brochure

Gambar 2.6 *Paver*

G. Compactor

Compactor merupakan alat berat yang berfungsi untuk memadatkan permukaan tanah ataupun permukaan yang baru di aspal.



Sumber : Volvo Brochure

Gambar 2.7 *Compactor*

2.2. Excavator

Excavator merupakan alat berat yang mempunyai ciri utama di *attachmentnya*, *backhoe* (*boom*, *arm*, dan *bucket*) meskipun sebenarnya *attachment* ini bisa diganti sesuai keperluan dan kebutuhan. Alat ini dipergunakan pada pekerjaan konstruksi, kehutanan, dan industri pertambangan. Karena alat ini dapat melakukan berbagai macam pekerjaan dan dikenal sebagai alat yang mempunyai fungsi jamak.

Pekerjaan yang dilakukan diantaranya adalah untuk menggali parit sempit sebelum meletakkan pipa atau menggali parit untuk pondasi bangunan, mengisi material ke dalam truk atau jenis alat angkut lainnya, penggalian atau pemindahan material dari suatu area dan menempatkan ke tempat lain, menghancurkan dinding beton, memotong baja, melakukan pengeboran tanah, menghancurkan batu, dll.

Excavator dapat berkerja dalam kondisi basah tanpa adanya masalah pada permukaan yang keras. Namun jika permukaan lunak kondisi tanah basah maka akan menyebabkan bagian dapat *track* tenggelam. Seluruh *excavator* besar menggunakan *track* dan yang berukuran kecil dapat menggunakan roda maupun *track*.

Unit operasional *excavator* akan dijelaskan sebagai berikut;

- A. Operasional kerja menggunakan sistem hidrolik.
- B. Pergerakan *arm bucket* dan perputaran *body* kabin (*swing*) dapat dikontrol melalui dua tuas utama yang ada di kanan-kiri *seat* operator dalam kabin.
- C. *Travelling* dikontrol oleh dua tuas yang dilengkapi dengan dua pedal di depan *seat* operator
- D. Penyetelan operasi mesin (RPM) dapat melalui *display* panel di depan *seat* operator.
- E. Alat kendali *attachment*;
 - a. *Hydraulic Controlled*
 - b. *Cable Controlled*

Excavator yang akan dibahas pada materi ini adalah *excavator* jenis EC210B produk Volvo yang dijual oleh PT. Indotruck Utama di seluruh bagian Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, dan Papua.

Nama EC210 B pun mempunyai arti sebagai berikut;

EC = *Excavator Crawler* (apabila beroda karet maka EW atau *Excavator Wheel*)

210 = Kapasitas unit siap pakai 21 ton (termasuk oli, bahan bakar, dll)

B = Seri atau generasi ke-dua

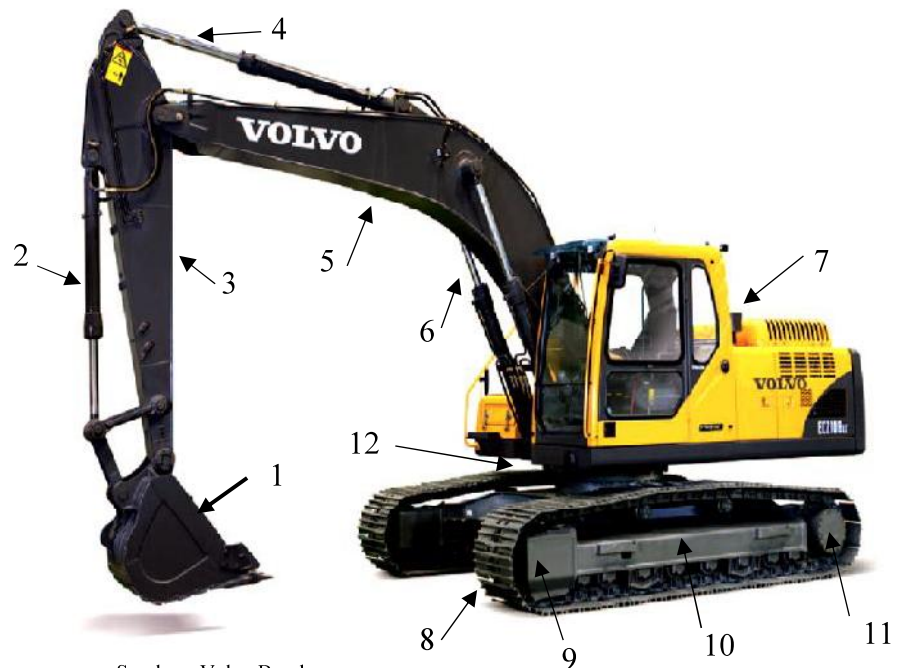
**tambahan

LC = *Long Crawler*

Prime = Sisi Hidrolik sudah diatur oleh sistem Elektrik

2.2.1 Bagian-Bagian Utama *Excavator* EC 210 B

Bagian-bagian utama *excavator* dapat dilihat pada gambar 2.8;



Sumber : Volvo Brochure

Gambar 2.8 Bagian Utama *Excavator*

Bagian-Bagian Utama *Excavator*;

1. *Bucket*, bagian yang mengadakan kontak langsung dengan material dan membawa material.
2. *Bucket Cylinder*, bagian yang mengatur gerakan *bucket*.
3. *Arm*, bagian lengan dari *backhoe*.
4. *Arm Cylinder*, bagian yang mengatur gerak dan jangkauan *arm*.
5. *Boom*, bagian penghubung utama *backhoe* dengan unit.
6. *Boom Cylinder*, bagian yang mengatur gerakan dan jangkauan *boom*.
7. *Cabin*, bagian yang melapisi *engine*, sistem utama *power train*, dan sebagian sistem vital lainnya, serta tempat operator mengoperasikan unit.

8. *Track Shoes*, lebih sering disebut *crawler* atau roda besi, yaitu bagian yang langsung terkontak dengan tanah.
9. *Idler*, bagian dari *undercarriage* yang didorong oleh *spring* di dalam *frame* dan penerima gaya dari *sprocket*.
10. *Track Frame*, bagian yang melindungi bagian-bagian subvital di *undercarriage*.
11. *Sprocket*, bagian yang terhubung langsung dengan *travel motor* yang merupakan penggerak *undercarriage*.
12. *Travel Swing*, bagian yang membuat unit bisa berputar 360°.

2.3. Sistem Engine D6E pada Unit EC210B

Engine yang dipakai pada unit ini adalah *engine diesel*. Dengan enam silinder yang tertanam secara *in-line*. Tipe *engine*-nya adalah D6E dengan seri lengkap D6EEAE2 yang mempunyai arti;

D = *Diesel Engine*

6 = Volume silinder dalam satuan liter

E = *Generasi Engine*

E = *Aplikasi Rangka*

A = *Versi*

E2 = *Emisi gas buang (Euro 2)*

Sumber : Volvo Engine Course

Berikut penjelasan tentang *engine diesel*;

2.3.1 Sejarah

Motor bakar *diesel* biasa disebut juga dengan Mesin *diesel* (atau mesin pemicu kompresi) adalah motor bakar pembakaran dalam yang menggunakan panas kompresi untuk menciptakan penyalaan percikan api dan membakar bahan bakar yang telah diinjeksikan ke dalam ruang bakar. Mesin ini tidak menggunakan busi seperti mesin bensin atau mesin gas.

Mesin ini ditemukan pada tahun 1892 oleh Rudolf Diesel, yang menerima paten pada 23 Februari 1893. Diesel menginginkan sebuah mesin untuk dapat digunakan dengan berbagai macam bahan bakar termasuk debu batubara. Dia mempertunjukkannya pada *Exposition Universelle* (Pameran Dunia) tahun 1900 dengan menggunakan minyak kacang. Mesin ini kemudian diperbaiki dan disempurnakan oleh Charles F. Kettering.

Mesin *diesel* memiliki efisiensi termal terbaik dibandingkan dengan mesin pembakaran dalam maupun pembakaran luar lainnya, karena memiliki rasio kompresi yang sangat tinggi. Mesin *diesel* kecepatan-rendah (seperti pada mesin kapal) dapat memiliki efisiensi termal lebih dari 50%.

Mesin *diesel* dikembangkan dalam versi dua langkah dan empat langkah. Mesin ini awalnya digunakan sebagai pengganti mesin uap. Sejak tahun 1910-an, mesin ini mulai digunakan untuk kapal dan kapal selam, kemudian diikuti lokomotif, truk, pembangkit listrik, dan peralatan berat lainnya. Pada tahun 1930-an, mesin *diesel* mulai digunakan untuk mobil. Sejak saat itu, penggunaan mesin *diesel* terus meningkat dan menurut *British Society of Motor Manufacturing and Traders*, 50% dari mobil baru yang terjual di Uni Eropa adalah mobil bermesin *diesel*, bahkan di Perancis mencapai 70%.

Rudolf Diesel lahir di Paris tahun 1858 sebagai keluarga ekspatriot Jerman. Ia melanjutkan studi di Politeknik Munchen. Setelah lulus dia bekerja sebagai teknisi *refrigerant*, namun bakatnya terdapat dalam mendesain mesin. *Diesel* mendesain banyak mesin panas, termasuk mesin udara bertenaga solar. Tahun 1892 ia menerima paten dari Jerman, Swiss, Inggris, dan Amerika Serikat untuk karyanya "*Method of and Apparatus for Converting Heat into Work*" (Metode dan Alat untuk Mengubah Panas Menjadi Kerja). Tahun 1893 ia menemukan sebuah "Mesin Pembakaran-Lambat" yang pertama-tama mengkompresi udara sehingga menaikkan temperaturnya sampai di atas titik nyala, lalu secara bertahap memasukkan bahan bakar ke dalam ruang bakar. Tahun 1894 dan 1895 ia membuat paten

di beberapa negara untuk mesin yang ia temukan. Pertama di Spanyol (No. 16.654), Perancis (No. 243.531) dan Belgia (No. 113.139). Bulan Desember 1894, Jerman (No. 86.633) tahun 1895, dan Amerika Serikat (No. 608.845) tahun 1898. Ia mengoperasikan mesin pertamanya tahun 1897.

Di Augsburg, 10 Agustus 1893, Rudolf Diesel menciptakan mesin pertamanya, sebuah silinder tunggal 10-foot (3.0 m) berbahan besi dengan roda gila pada dasarnya (lihat gambar 2.9). Diesel memerlukan waktu 2 tahun untuk menyempurnakan mesinnya dan pada tahun 1896 ia mendemonstrasikan model lainnya dengan efisiensi teoritis 75%, sangat jauh bila dibandingkan dengan mesin uap yang hanya 10%. Tahun 1898, Diesel telah menjadi jutawan. Mesin buatannya telah digunakan untuk menggerakkan transportasi jalur pipa, pembangkit listrik dan air, mobil, truk, dan kapal. Kemudian juga menyebar sampai pertambangan, ladang minyak, pabrik, dan transportasi antar benua.



Sumber : Wikipedia

Gambar 2.9 Mesin Asli yang Dibuat Diesel

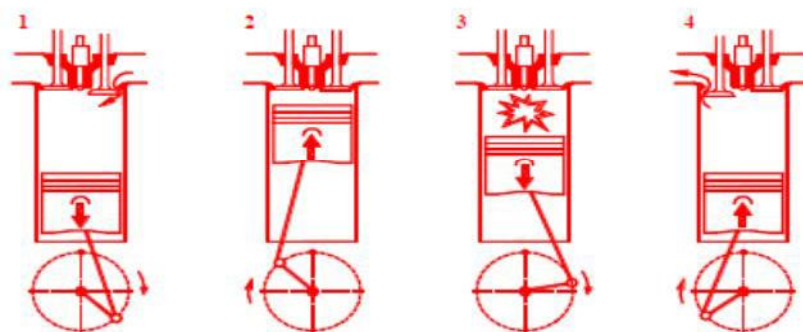
tahun 1897, Dipajang di Museum di Munich, Jerman.

2.3.2 Prinsip Kerja

Pada prinsipnya pada motor *diesel* tidak jauh berbeda dengan motor bensin, demikian pula secara mekanis tidak dapat perbedaan jenis

komponen yang digunakan. Disamping itu pada motor *diesel* dikenal pula motor *diesel* 2 langkah (*2 stroke*) dan motor *diesel* 4 langkah (*4 stroke*), namun dalam perkembangannya motor *diesel* 4 langkah lebih banyak berkembang dan digunakan sebagai penggerak. Sebagaimana namanya, mesin *diesel* empat langkah mempunyai empat prinsip kerja, yaitu langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha, dan langkah buang. Ke-empat langkah mesin *diesel* ini bekerja secara bersamaan untuk menghasilkan sebuah tenaga yang menggerakkan komponen lainnya. *Motor Diesel* disebut juga motor pembakaran dengan tekanan kompresi karena motor mengisap udara dan mengompresikan dengan tingkat yang lebih tinggi. Berdasarkan efisiensi secara keseluruhan, motor *diesel* muncul sebagai mesin pembakaran yang paling efisien dan bertenaga besar, pada jenis motor *diesel* putaran rendah dapat mencapai efisiensi sampai 50% atau lebih.

Pada motor *diesel* 4 langkah, katup masuk dan buang digunakan untuk mengontrol proses pemasukan dan pembuangan gas dengan membuka dan menutup saluran masuk dan buang. Pemakaian bahan bakar lebih hemat, diikuti dengan tingkat polutan gas buang yang relatif rendah, semuanya itu dihasilkan oleh motor *diesel* secara signifikan. Seperti halnya motor bensin maka ada motor *diesel* 4 langkah dan 2 langkah, dalam aplikasinya pada sektor otomotif atau kendaraan kebanyakan dipakai motor *diesel* 4 langkah.



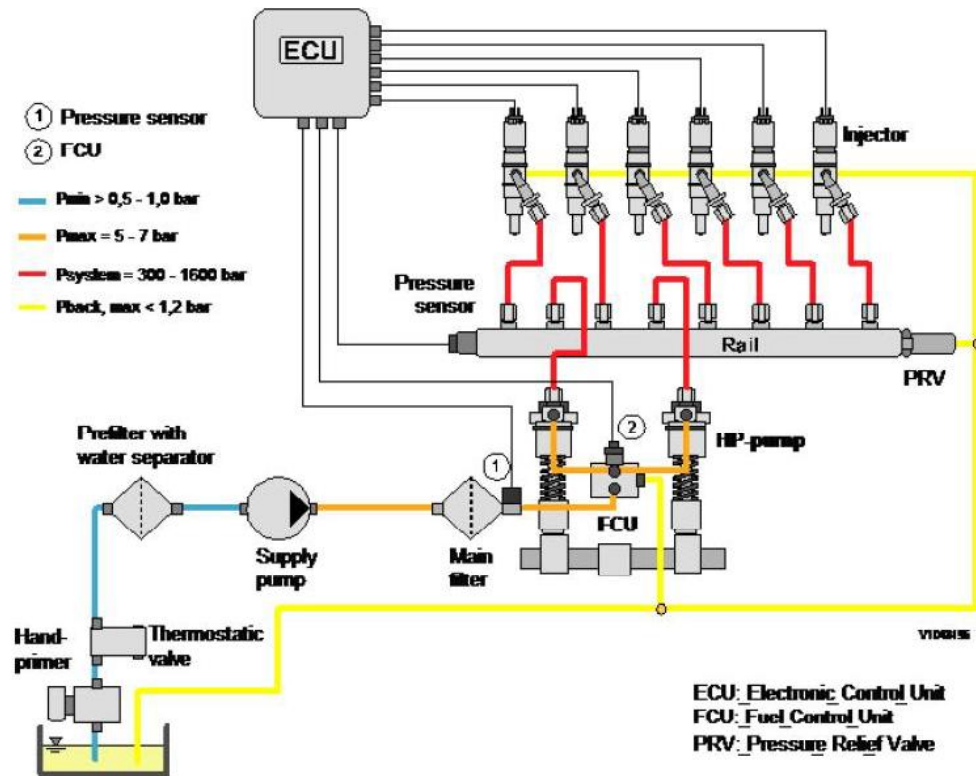
Sumber : Manual book mesin diesel

Gambar 2.10 Prinsip Kerja Mesin *Diesel*

1. Langkah pertama adalah langkah hisap. Pada langkah ini, *piston* akan bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB). Selanjutnya, katup hisap akan terbuka sebelum mencapai TMA dan katup buang akan tertutup. Akibatnya, akan terjadi kevakuman di dalam silinder yang menyebabkan udara murni masuk ke dalam silinder. (Lihat gambar 1 pada gambar 2.10)
2. Sedangkan pada langkah kedua (langkah kompresi), *piston* bergerak sebaliknya, yaitu dari TMB ke TMA. Katup hisap tertutup sementara katup buang akan terbuka. Udara kemudian akan dikompresikan sampai pada tekanan dan suhunya menjadi 30 kg/cm^2 dan suhu 500°C . Perbandingan kompresi pada motor *diesel* berkisar diantara $14 : 1$ sampai $24 : 1$. Akibat proses kompresi ini udara menjadi panas dan temperaturnya bisa mencapai sekitar 900°C . Pada akhir langkah kompresi injektor / *nozzel* menyembrotkan bahan bakar ke dalam udara panas yang bertekanan sampai diatas 2000 bar. Solar dibakar oleh panas udara yang telah dikompresikan di dalam silinder. Untuk memenuhi kebutuhan pembakaran tersebut, maka temperatur udara yang dikompresikan di dalam ruang bakar harus mencapai 500°C atau lebih. Perbedaan kompresi ini menghasilkan efisiensi panas yang lebih besar, sehingga penggunaan bahan bakar *diesel* lebih ekonomis dari pada bensin. Pengeluaran untuk bahan bakar pun bisa lebih hemat. (Lihat gambar 2 pada gambar 2.10)
3. Pada langkah ketiga (langkah usaha), katup hisap tertutup, katup buang juga tertutup dan injektor menyembrotkan bahan bakar. Sehingga, terjadi pembakaran yang menyebabkan *piston* bergerak dari TMA ke TMB. (Lihat gambar 3 pada gambar 2.10)
4. Dan pada langkah keempat (langkah buang), hampir sama dengan langkah hisap, yaitu *piston* bergerak dari TMB ke TMA. Namun, katup hisap akan tertutup dan katup buang akan terbuka. Sedangkan piston akan bergerak mendorong gas sisa pembakaran keluar. (Lihat gambar 4 pada gambar 2.10)

2.4. Sistem Bahan Bakar *Engine D6E*

Sistem bahan bakar *engine D6E* memakai sistem *Common rail*, Sistem bahan bakar Volvo *Excavator EC210B* dapat diuraikan sebagai berikut;



Sumber : *Prosis, 2013*

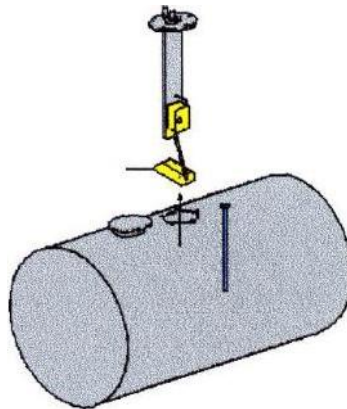
Gambar 2.11 Jalur Sistem Bahan Bakar

Aliran bahan bakar dari tangki menuju *feed pump*, kemudian melewati *prefilter – water separator* sebagai penyaring awal bahan bakar dan memisahkan air yang tercampur dalam bahan bakar. Setelah melewati *water separator* bahan bakar menuju *fuel feed pump*, kemudian bahan bakar mengalami penyaringan kembali pada *fuel filter* sehingga kualitas bahan bakar menjadi lebih bersih, disini terdapat *fuel pressure sensor (low)*. Setelah itu bahan bakar melewati *fuel control unit* sebagai pengontrol banyak sedikit bahan bakar yang dibutuhkan dan menuju ke *high pressure pump* yang kemudian diteruskan ke *rail* yang kemudian menuju injektor yang kemudian bahan bakar disemprotkan oleh injektor ke dalam ruang bakar.

2.4.1 Komponen Sistem Bahan Bakar *Engine EC210B*

A. Tangki Bahan Bakar (*Fuel Tank*)

Tangki berguna untuk menyimpan sejumlah bahan bakar. Kapasitas tangki umumnya untuk 1 hari operasi (± 10 jam kerja), tetapi ada juga yang memiliki kapasitas 500 liter, seperti pada *Stationer Engine*.



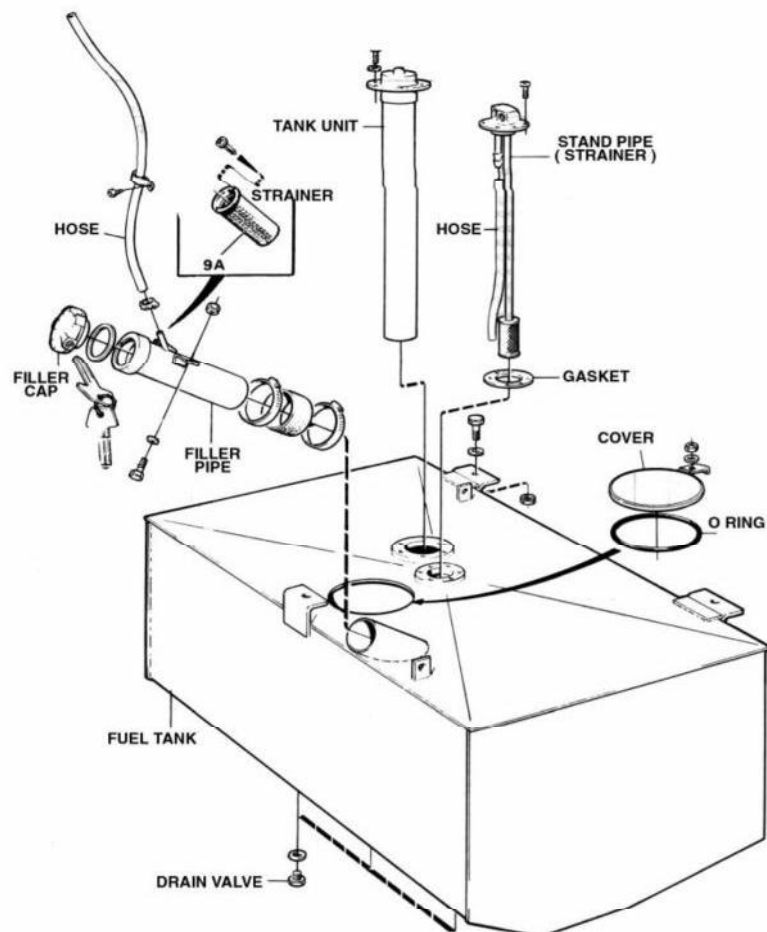
Sumber : Volvo manual book fuel system 2009

Gambar 2.12 Tangki

Bagian – bagian dari tangki bahan bakar (lihat gambar 2.13) adalah;

- a. *Filler Cap*, adalah tutup tangki yang dilengkapi dengan lubang pernapasan yang berfungsi untuk mencegah kevakuman dan tekanan yang berlebihan di dalam tangki, lubang pengisian biasanya dilengkapi dengan *Strainer* yang berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran yang terbawa bahan bakar selama pengisian.
- b. *Drain Valve*, adalah lubang untuk menguras tangki atau membuang endapan kotoran-kotoran atau air dari dalam tangki.
- c. *Stand Pipe*, adalah pipa hisap *Transfer Pump* yang ujungnya diletakkan ± 5 cm di atas dasar tangki, agar endapan kotoran atau air tidak masuk ke dalam sistem.

d. *Baffle*, adalah pelat penyekat yang terdapat dalam rongga tangki berfungsi untuk menjaga permukaan bahan bakar pada *Stand Pipe* selalu *stand-by* pada saat unit (mesin) beroperasi pada medan.

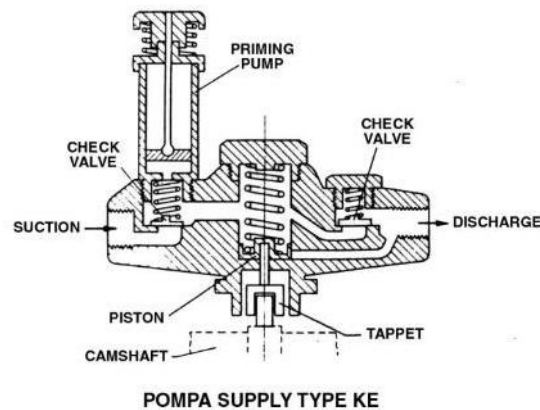


Sumber : Volvo manual book fuel system 2009

Gambar 2.13 Bagian - Bagian Tangki Bahan Bakar

B. *Fuel Priming Pump*

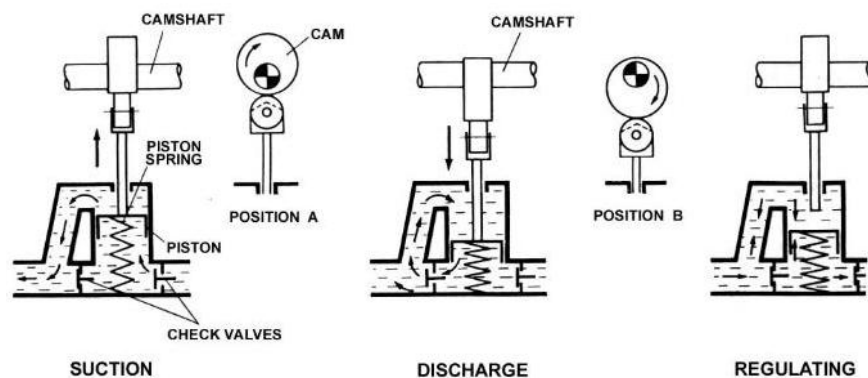
Fuel Priming Pump adalah sebuah pompa tangan yang dipergunakan untuk membantu memompakan bahan bakar dari Tangki ke *filter* dan *Fuel Injection Pump* secara manual, untuk mengisi kekosongan bahan bakar pada komponen-komponen tersebut pada waktu selesai diganti (dipasang) atau membuang angin yang masuk ke dalam sistem agar *engine* mudah dihidupkan.



Sumber : Volvo manual book fuel system 2009

Gambar 2.14 Supply Pump

Dengan menggunakan *hand priming pump*, kita dapat membuang udara yang masuk dalam sistem bahan bakar bersamaan dengan mengisi bahan bakar kembali ke jalur-jalurnya, dengan membuka *air venting screw* pada *bracket* dari *fuel filter*.



Sumber : Volvo manual book fuel system 2009

Gambar 2.15 Cara Kerja Supply Pump

C. Primary Fuel Filter / Water Separator

Water separator adalah komponen yang berfungsi menyaring partikel kotoran yang kasar (air) agar tidak ikut terbawa bahan bakar ke dalam sistem dengan tujuan melindungi *Transfer Pump* dari partikel kasar dan melindungi komponen dari kemungkinan karat.

Elemen filter ini terbuat dari *strainer* (kawat halus) yang dapat dibersihkan, sedangkan untuk *Water Separator*-nya digunakan hanya untuk sekali pakai.



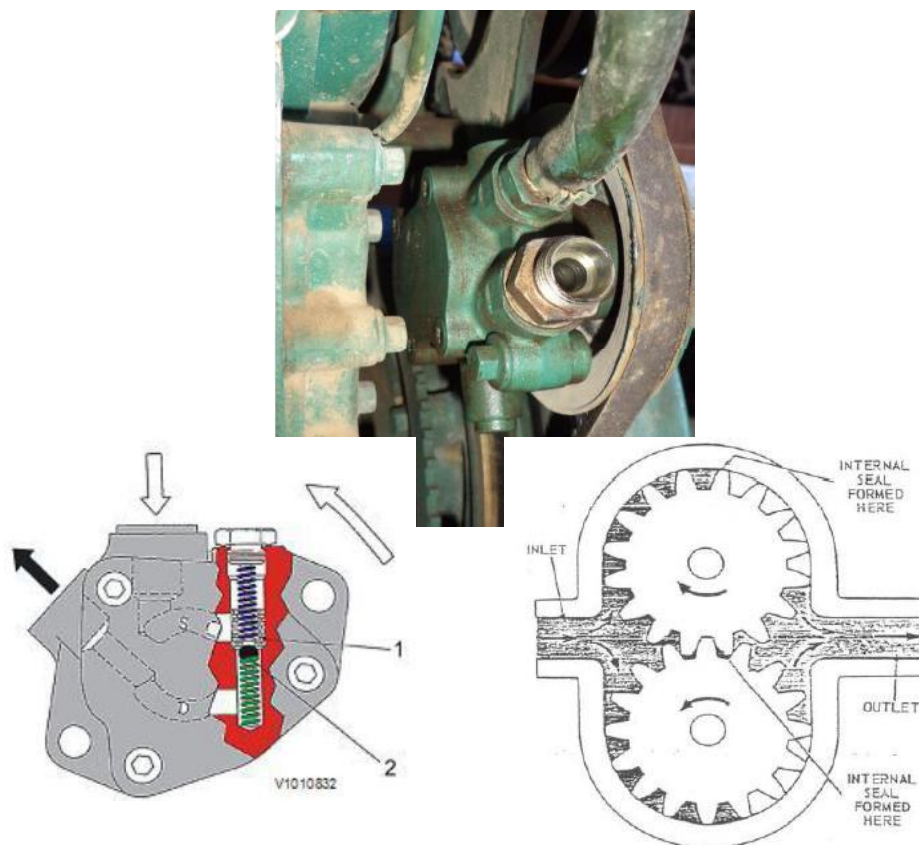
Sumber : *Vcadspro* 2013

Gambar 2.16 *Water Separator*

D. *Fuel Transfer Pump / Feed Pump*

Feed pump adalah pompa yang berfungsi untuk mentransfer bahan bakar dari Tangki ke Unit Injektor. *Fuel Feed Pump* akan memompakan sejumlah bahan bakar ke *Injection* pada tekanan tertentu. *Fuel Injection* mendapat pasokan bahan bakar dari *Fuel Feed Pump* yang memperoleh bahan bakar dari *Fuel Tank*.

Fuel Feed Pump juga umumnya pompa *Positif Displacement Pump* dengan *type Fixed* (dimana *flow*-nya tidak dapat diatur) bentuknya berupa: *Gear Pump*, *Vane Pump*, *Plunger Pump*, dan lain-lain dilengkapi dengan *Hand Priming Pump* yang digunakan untuk memompa bahan bakar dengan tangan saat *Fuel Tank* kehabisan bahan bakar dan telah diisi kembali.



Sumber : Vcadspro 2013

Gambar 2.17 *Feed Pump*

Fuel Feed Pump dirancang sebagai *Rotor Pump* dan digerakkan oleh *Vee-Belt*. *Non-Return Valve* (2) mencegah bahan bakar dari pengeringan kembali ke tangki. Hal ini memudahkan kembali menghidupkan mesin. Jika saluran bahan bakar telah mengering bahan bakar, sistem bahan bakar harus diisi dan di *bleeding* dengan pompa tangan yang terletak di *Primary Filter Housing*. *Non-Return Valve* (2) terbuka dan membuat bahan bakar untuk beredar di seluruh rangkaian. Dengan cara ini, unit pompa dipasang dengan bahan bakar bebas dari udara.

Tabel 2.1 Spesifikasi *Feed Pump*

<i>Description</i>	<i>Specification</i>
<i>Fuel feed pressure</i>	
<i>Minimum pressure in engine starting condition</i>	$3.5 \pm 0.5 \text{ bar}$
<i>Minimum pressure in engine running condition</i>	
<i>Maximum pressure in the pump pressure relieve valve</i>	$11.5 \pm 0.5 \text{ bar}$

Sumber : PROSIS Volvo, 2013

E. *Secondary Fuel Filter*

Secondary Fuel Filter adalah *filter* bahan bakar yang berfungsi menyaring partikel-partikel kotoran yang lebih halus sebesar 3 *micron* sebelum bahan bakar masuk ke dalam *Fuel Injection*. Karena kotoran dapat merusak *Fuel Pump* dan Injektor dan dapat menyebabkan masalah atau gangguan pada operasi *engine*, bahkan kerusakan besar pada *engine*.

Sumber : Volvo *manual book fuel system* 2009Gambar 2.18 *Secondary Fuel Filter*

Filter-filter yang digunakan disebut *spin-on filter* yang berisi kertas yang berlipat-lipat. Ada dua jenis *filter*, yaitu;

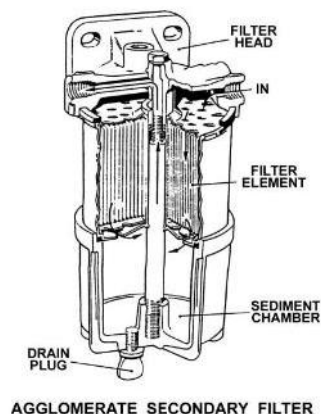
- a. *Spin-On*, adalah jenis *filter* yang *Elemen* dan *Housing*nya menjadi satu komponen, sehingga pengantiannya dilakukan dengan *housing*nya (satu *assy*).



Sumber : Volvo *manual book fuel system* 2009

Gambar 2.19 Tipe *Spin-On*

- b. *Catridge*, adalah jenis *filter* yang elemen-elemennya dapat dipisahkan dari *housing*nya, sehingga pengantiannya cukup elemennya saja.



Sumber : Volvo *manual book fuel system* 2009

Gambar 2.20 Tipe *Catridge*

Bahan bakar harus benar-benar bersih sebelum memasuki *Fuel Pump*, karena kotoran dapat merusak *Fuel Pump* dan Injektor serta dapat menyebabkan masalah atau gangguan pada operasi *engine*, bahkan kerusakan besar pada *engine*. *Filter-filter* yang digunakan disebut *spin-on filter* yang berisi kertas yang berlipat-lipat.

F. *Fuel Control Valve*

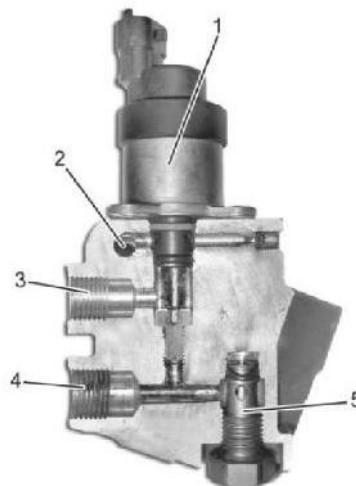
Katup pengontrol bahan bakar (FCV), kinerja katup kontrol ini adalah mengontrol aliran bahan bakar ke pompa tekanan tinggi. Ini memberikan volume bahan bakar yang dibutuhkan untuk mencapai atau mempertahankan tekanan bahan bakar dalam pipa distribusi (*rail*). Perangkat lunak katup pengontrol bahan bakar digunakan sebagai sinyal input untuk perlindungan *Engine*.

Tabel 2.2 Spesifikasi *Fuel Control Unit Pressure*

<i>Description</i>	<i>Specification</i>
<i>Fuel Control Unit (FCU) pressure</i>	
<i>Pressure in engine starting condition</i>	$0.7 \pm 0.4 \text{ bar}$ (10 psi)
<i>Pressure without load in engine running condition</i>	$1 \pm 0.1 \text{ bar}$ (15 psi)
<i>Pressure with load in engine running condition</i>	$0.9 - 2.1 \text{ bar}$ (13 - 31 psi)
<i>Pressure without regulation in engine running condition (remove socket FCV)</i>	$4.5 \pm 0.5 \text{ bar}$ (63 psi)

Sumber :PROSIS Volvo, 2013

Jumlah bahan bakar dikendalikan dengan cara mengirim sinyal listrik dari ECU untuk beralih FCV dari pompa pasokan bahan bakar ON-OFF. Berikut bagian-bagian *Fuel Control Valve*;



Sumber : Volvo *manual book fuel system* 2009

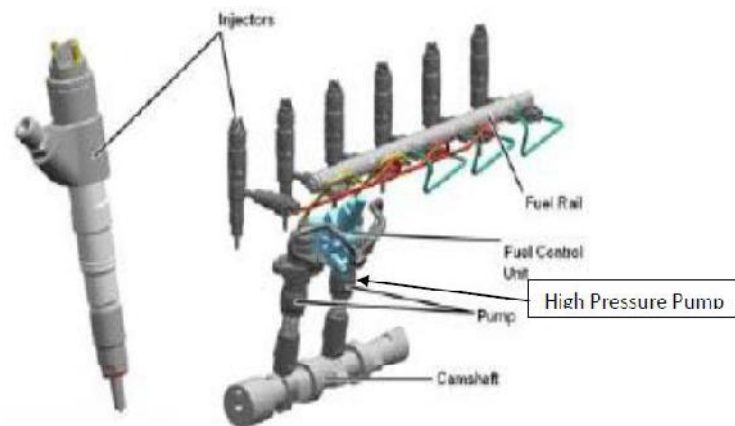
Gambar 2.21 Bagian-Bagian FCV

Bagian Bagian FCV;

1. *Solenoid Valve*
2. *Fuel Inlet*
3. *Fuel To High-Pressure Pump*
4. *Return Fuel To Tank*
5. *Overflow Valve*

G. *High Pressure Pump*

High Pressure Pump digunakan untuk memompa bahan bakar ke *Common Rail* hingga sesuai tekanan yang direkomendasikan. Ada beberapa kasus telah dilaporkan bahwa bahan bakar bocor dari pipa tekanan tinggi. Hal ini disebabkan oleh pemeliharaan yang buruk terjadi selama pipa tekanan tinggi dioperasikan untuk *Common Rail*.

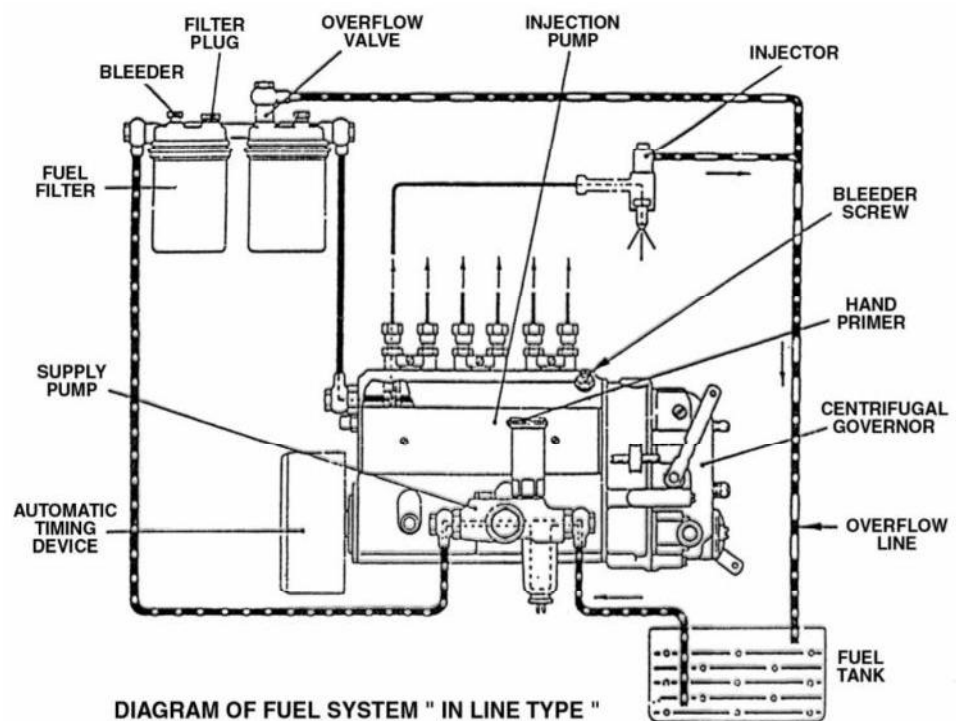


Sumber : Veadspro 2013

Gambar 2.22 High Pressure Pump

H. Fuel Return Line / Overflow Line

Fuel Return Line / Overflow Line adalah saluran pengembalian kelebihan bahan bakar ke tangki.



Sumber : Volvo manual book fuel system 2009

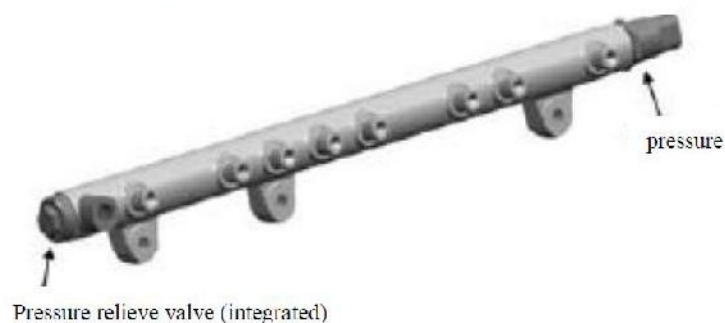
Gambar 2.23 Diagram Overflow Line

I. Common Rail

Common Rail menerima tekanan aliran bahan bakar yang dihasilkan oleh *Fuel Supply Pump* dan didistribusikan ke silinder. *Common Rail* bertindak untuk mendistribusikan bahan bakar bertekanan tinggi yang dihasilkan oleh pompa bertekanan tinggi dan mengirimnya ke injektor silinder masing-masing. *Common Rail* dilengkapi dengan *sensor rail* bahan bakar, peredam aliran, dan tekanan *limiter*. Peredam aliran dilengkapi dengan pipa injeksi bahan bakar dan mengirimkan bahan bakar bertekanan tinggi ke injektor. Pipa tekanan *limiter* diatur untuk kembali ke tangki bahan bakar.

Rail

- High pressure storage of injection system
- Rail contains pressure relieve valve and rail pressure sensor



Sumber : Vcadspro 2013

Gambar 2.24 High Pressure Pump

J. Injektor

Injektor merupakan salah satu komponen dari *Fuel System* yang berfungsi untuk menginjeksikan (menyemprotkan) bahan bakar dengan tekanan tinggi dari *feed pump* ke dalam ruang bakar melalui *nozzle*.

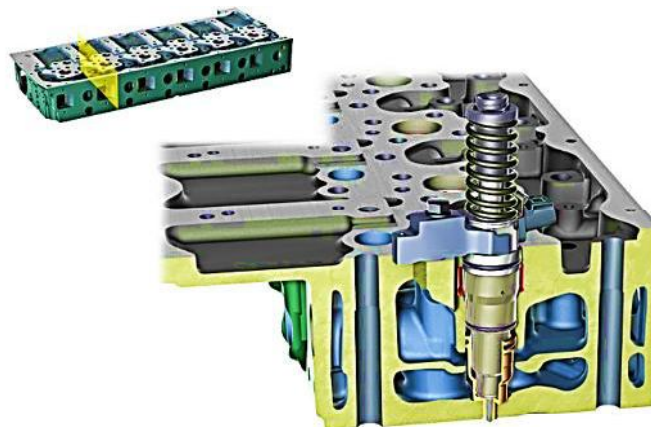
Injektor bekerja menggunakan teknologi *solenoid* atau elektrik. Pada mesin lama, Injektor bekerja dengan hidro-mekanik. Dalam hal ini, Injektor diaktifkan oleh arus listrik yang diatur oleh *control unit*. Jumlah bahan bakar yang akan diinjeksikan

(disemprotkan) dan diatur berdasarkan lamanya *nozzle* terbuka. *Control Unit* mengatur kerja dari Injektor ini berdasarkan informasi yang diterima dari sensor-sensor lain, misalnya putaran RPM, *pressure regulator*, *pressure* bahan bakar, *temperature* bahan bakar, posisi pedal gas, *pressure turbocharger*, aliran udara, air pendingin, kecepatan kendaraan dan beban kerja unit. Rangkaian komponen tersebut jelas tidak diperlukan atau tidak ada pada mesin *diesel* konvensional. *Control unit* juga menentukan waktu injeksi (*injection timing*) berdasarkan sinyal yang diterimanya dari sensor di *flywheel* atau roda gila.

Tekanan injektor ditentukan oleh tekanan pada *rail* dan dapat bervariasi antara 500 bar hingga 1400 bar. *Nozzel* injektor memiliki enam lubang dan dirancang untuk memberikan pola semprotan seragam, meskipun *nozzel* injektor siku.

2.5. Injektor

Injektor adalah bagian dari engine yang termasuk bagian fase terakhir dari sistem bahan bakar yang bekerja sebagai alat penyemprot bahan bakar. Injektor dilokasikan menempel pada *cylinder head*.

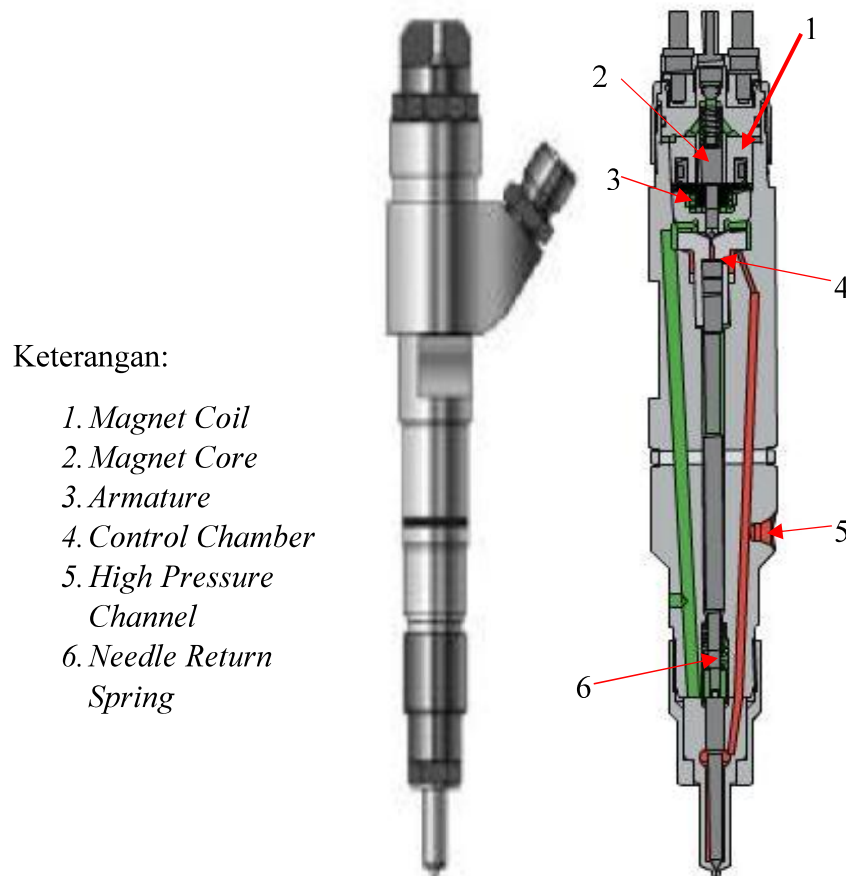


Sumber : Volvo Engine Course, 2013

Gambar 2.25 Lokasi Injektor

2.5.1 Bagian-Bagian Injektor

Berikut gambar bagian-bagian injektor;



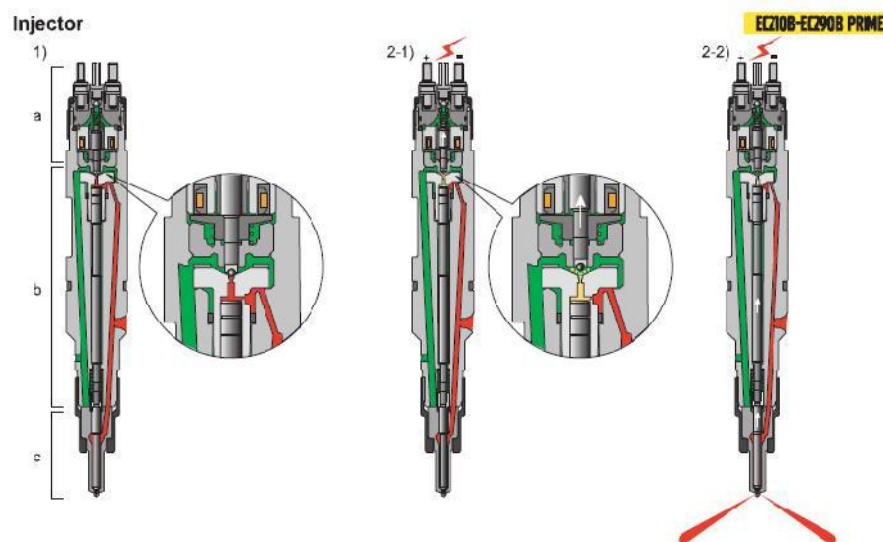
Sumber : Prosis, 2013

Gambar 2.26 Bagian-Bagian Injektor

2.5.2 Cara Kerja Injektor

Untuk lebih mengerti cara kerja dari injektor silahkan lihat gambar 2.26. saat kunci kontak dihidupkan aki akan mengaktifkan ECU dan pompa bahan bakar. Pompa bahan bakar akan memberikan tekanan dengan kisaran 800-1600 bar dan membuat tekanan tersebut *stand-by* di *High Pressure Channel* (5) dan dengan posisi tekanan yang siap dikabutkan. Pada saat yang sama ECU akan memberikan tegangan listrik di *range* 0,5 – 5 Volt dengan kestabilan yang harus didapat 2,3 Volt melalui *Magnet Coil*. Tegangan listrik ini dipakai untuk mengaktifkan *Magnet Core* yang membuat *Armature* menarik bola besi sehingga

bagian *Plunger* atas dapat dimasuki bahan bakar bertekanan rendah yang masuk secara berangsur-angsur. Karena ada perbedaan tekanan antara bagian atas dan bawah *plunger*. Maka, *Plunger* akan dipaksa bergerak ke arah yang tekanannya lebih rendah. Sehingga *Needle Return Spring* tertekan dan lubang injektor terbuka serta bahan bakar bisa disemprotkan.



Sumber : Prosis, 2013

Gambar 2.27 Cara Kerja Injektor

Selanjutnya arus akan diputus yang artinya magnet akan non-aktif sehingga bola besi akan kembali menutup lubang rilis dan *Needle Return Spring* akan menarik besi *Plunger* kembali menutup lubang semprot. Pada saat setelah peristiwa ini pompa akan kembali mengisi tekanan hingga *range* 800-1600 bar kembali untuk *stand-by* mengulang siklus di atas secara kontinu.

2.5.3 Standar Debit dan Sudut-Sudut Rilis.

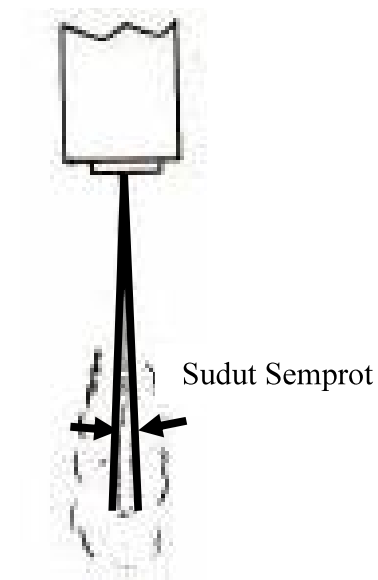
a. Debit Semprot

Data yang kami dapatkan injektor alat berat memiliki debit pada putaran 300 Rpm akan menghasilkan 2,3 cm³/detik. Sedangkan untuk injektor motor yang dipakai mempunyai standar 18.3 ml/detik sampai 2,8 ml/detik (Data tabloid otomotif).

b. Sudut-Sudut Rilis

- Sudut semprot

Sudut semprot merupakan sudut yang terjadi akibat tekanan dari pompa yang terbebas akibat *solenoid* injektor terbuka. Standar dari alat berat adalah 14° - 19° . Sedangkan pada injektor yang dipakai $13,79^{\circ}$ hingga $15,5^{\circ}$.

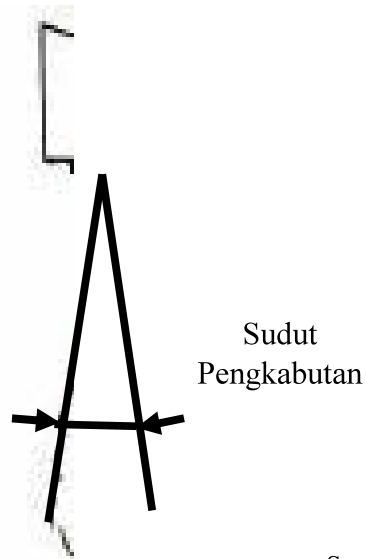


Sumber : Lit 10, hal 102, 2013

Gambar 2.28 Sudut Penyemprotan

- Sudut Pengkabutan

Sudut pengkabutan merupakan sudut yang terjadi karena bahan bakar yang mulai menyebar. Standar dari alat berat adalah 133° - 150° . Sedangkan pada injektor yang dipakai $54^{\circ},54'$ hingga $62^{\circ},3'$.



Sumber : Lit 10,hal 102, 2013

Gambar 2.29 Sudut Pengkabutan

2.6. Bahan Bakar

Bahan bakar adalah suatu materi apapun yang bisa diubah menjadi energi. Biasanya bahan bakar mengandung energi panas yang dapat dimanipulasi. Kebanyakan bahan bakar digunakan melalui proses *redoks* (pembakaran) atau melepaskan panas setelah direaksikan dengan oksigen.

Bahan bakar melalui wujudnya diklasifikasikan menjadi tiga. Yaitu, padat (batubara dan kayu), cair (bensin dan solar), dan gas (LPG, LNG, dan CNG). Banyak macam dari bahan bakar namun, yang akan dibahas dalam bagian ini adalah bahan bakar cair khususnya bensin dan solar yang merupakan bahan bakar yang paling umum digunakan untuk kendaraan.

2.6.1 Jenis-Jenis Bensin dan *Diesel* yang Dipasarkan

A. Bensin

Bensin adalah salah satu jenis bahan bakar minyak yang dimaksudkan untuk bahan bakar kendaraan atau mesin yang di

jalankan sesuai dengan siklus *otto* atau motor bensin. Bensin tersusun dari *hidrokarbon* rantai lurus, mulai dari C_7 (*Heptana*) Hingga C_{11} . Jika bensin dibakar dengan proporsional maka akan dihasilkan CO_2 , H_2O , dan energi panas. Setiap kg bensin mengandung 42,4 MJ.

Produk yang dipasarkan di Indonesia yaitu;

Tabel 2.3 Produk Bensin yang Dijual di Indonesia.

Produsen	Nama Produk	Kadar Oktan			
		88	92	95	100
Pertamina	Premium	X			
	Pertamax		X		
	Pertamax Plus			X	
	Pertamax Racing				X
Petronas	Primax 92		X		
	Primax 95			X	
Shell	Super 92		X		
	Super Extra 95			X	
Total	Perfomance 92		X		
	Perfomance 95			X	

Sumber : Motorplus

Bensin memiliki sifat penting, yaitu;

a. Kecepatan Penguapan Bensin

Kecepatan penguapan bensin menyatakan mudah tidaknya bensin itu menguap pada kondisi tertentu, kondisi ini akan terjadi sempurna apabila terdapat oksigen yang cukup. Proses penguapan merupakan akibat dari suatu reaksi yang terjadi pada setiap temperatur. Pada saat penguapan molekul-molekul bensin melepaskan diri dari permukaan, makin tinggi temperatur, makin banyak molekul yang lepas dari permukaan bensin.

Kecepatan penguapan bensin dipengaruhi beberapa hal, yaitu konsentrasi, suhu, tekanan, dan luas penampang.

b. Kualitas Detonasi Bensin

Kecenderungan bensin untuk berdetonasi dinilai dari bilangan *oktana*. Bilangan *oktana* bensin ialah bilangan bulat yang terdekat pada persen campuran volume *iso-oktana* (*iso-oktana* murni diberi indeks 100) dengan *heptana* normal (*heptana* normal murni diberi indeks nol) yang menyamai sifat-sifat berdetonasi dari bensin yang ingin diketahui bilangan *oktananya*. Jadi bensin dengan bilangan *oktana* 80 artinya bensin tersebut mempunyai kecenderungan berdetonasi sama dengan campuran yang terdiri dari 80% volume *iso-oktana* dan 20% volume *heptana* normal.

Kecenderungan berdetonasi mempunyai peran penting bagi bensin. Pada akhir kompresi, campuran udara bahan bakar di dalam tangki silinder dinyalakan oleh percikan api dari busi. Pembakaran mulai terjadi di sekitar busi. Permukaan api bergerak menyembur ke semua arah dan campuran yang disinggung api segera terbakar. Makin banyak bagian campuran yang terbakar, makin banyak panas terbentuk maka tekanan dan suhu akan naik. Kenaikan suhu dari bagian campuran yang belum dicapai oleh nyala atau permukaan api, pada suatu saat dapat mencapai keadaan kritis dan dapat terbakar sendiri, sehingga mengalami detonasi. Detonasi ini dapat merusak motor terutama torak, batang penggerak, poros engkol dan sebagainya. Untuk mengurangi kecenderungan berdetonasi, di dalam bensin diberi bahan anti ketukan yaitu *tetra-ethyleade*.

c. Kadar Belerang Bensin

Kadar belerang dalam bensin tidak boleh lebih dari 2% bahkan jika mungkin harus rendah dari 0,7 %.

d. Kadar Damar Bensin

Kadar damar pada bensin dapat menimbulkan berbagai kerusakan diantaranya :

- a) Dapat menempel kuat di berbagai tempat di dalam motor, misalnya pada katup-katup, saluran pembuangan dan torak.
- b) Menurunkan bilangan *oktana* pada waktu masih di dalam tangki penyimpanan. Makin lama bensin disimpan makin banyak pembentukan damar. Kadar damar maksimum 10 mg tiap 100 cm³ bensin.

e. Titik Beku Bensin

Suhu pada bensin mulai membeku dinamakan titik beku bensin. Bila di dalam bensin terdapat kadar aromatis yang tinggi, maka pada suhu tertentu aromatis-aromatis itu mengkristal dan saluran-saluran bensin bisa tersumbat. Karena itu motor-motor yang bekerja pada cuaca dingin titik beku bensin harus rendah sekitar -50°C.

f. Titik Embun Bensin

Suhu pada saat uap bensin mulai mengembun dinamakan titik embun bensin. Penguapan lengkap tetesan bensin dalam saluran isap tergantung pada tinggi rendahnya titik embun. Bila titik embun terlalu tinggi, maka tetesan bensin yang belum menguap dalam saluran isap dapat turut masuk ke dalam silinder sehingga pemakaian bahan bakar menjadi boros, karena di dalam silinder terdapat campuran dengan kondisi yang tidak homogen. Hal ini menyebabkan pembakaran berlangsung dengan tidak baik. Banyaknya bensin yang menetes ke dalam ruang engkol melalui *ring piston* tergantung titik rendahnya embun ini. Pada umumnya, titik embun bensin motor tidak lebih dari 140 °C.

g. Titik Nyala Bensin

Titik nyala bensin berkisar antara $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Titik nyala bensin merupakan uap bensin terendah yang membentuk campuran sehingga dapat menyala dengan udara apabila terkena percikan api. Titik nyala yang rendah menyulitkan penyimpanan dan pengangkutan.

h. Berat Jenis Bensin

Berat jenis sering dinyatakan dengan skala *baume* atau skala API. Masing-masing skala ini dapat dinyatakan sebagai fungsi dari berat jenis pada suhu $60\text{ }^{\circ}\text{F}$. Berat jenis bensin yang dipakai sebagai bahan bakar berkisar dari $0.71 - 0.76$ atau $67 - 54\text{ }^{\circ}\text{Be}$ atau $67.8 - 54.7\text{ }^{\circ}\text{API}$

B. Diesel

Bahan bakar *diesel* secara umum adalah bahan bakar cair apapun yang digunakan untuk mesin *diesel*. Jenis yang paling umum adalah minyak bahan bakar yang berasal dari hasil *distilasi fraksi* minyak bumi, namun ada juga produk selain dari turunan minyak bumi seperti *biodiesel*, *diesel* biomassa menjadi cairan atau *diesel* gas menjadi cairan. Untuk membedakan jenis-jenis *diesel*, bahan bakar dari minyak bumi umumnya disebut *petrodiesel*. *Diesel* dengan *sulfur ultra-rendah* (ULSD) adalah standar untuk mendefinisikan bahan bakar *diesel* dengan kandungan *sulfur* yang telah direndahkan.

Diesel adalah hasil dari pemanasan minyak bumi antara 250°C - 340°C , dan merupakan bahan bakar mesin *diesel*. *Diesel* tidak dapat menguap pada suhu tersebut dan bagian minyak bumi lainnya akan terbawa ke atas untuk diolah kembali. Umumnya, *diesel* mengandung belerang dengan kadar yang cukup tinggi. Kualitas minyak *diesel* dinyatakan dengan bilangan setana.

Angka setana adalah tolak ukur kemudahan menyala atau terbakarnya suatu bahan bakar di dalam mesin *diesel*. Saat ini, Pertamina telah memproduksi bahan bakar solar ramah lingkungan dengan merek dagang Pertamina DEX (*Diesel Environment Extra*).

Angka setana DEX dirancang memiliki angka setana minimal 53 sementara produk solar yang ada di pasaran adalah 48. Bahan bakar ramah lingkungan tersebut memiliki kandungan sulfur maksimum 300 ppm atau jauh lebih rendah dibandingkan solar di pasaran yang kandungan *sulfur* maksimumnya mencapai 5000 ppm. Berikut tabel dari produk bahan bakar *diesel* yang dipasarkan di Indonesia;

Tabel 2.4 Produk di Pasaran Bahan Bakar *Diesel* Indonesia

Produsen	Nama Produk	Cetane Number	Kadar Sulfur
Pertamina	<i>Pertamina DEX</i>	53 ÷ 55/56	<330 ppm
	<i>Biodiesel</i>	48 ÷ 51	500 ÷ 1500 ppm
	<i>Solar</i>	48	÷ 3500 ppm
Shell	<i>Shell Diesel</i>	48 ÷ 52	50 ppm

Sumber : www.menlh.go.id

a. Sifat Utama Bahan Bakar *Diesel*

Bahan bakar *diesel* mempunyai sifat utama, yaitu :

- a) Tidak berwarna atau sedikit kekuning-kuningan dan berbau.
- b) Encer dan tidak menguap dibawah temperatur normal.
- c) Mempunyai titik nyala tinggi (40°C - 100°C).
- d) Terbakar spontan pada 350°C, sedikit dibawah temperatur bensin yang terbakar sendiri sekitar.
- e) Mempunyai berat jenis 0,82-0,86 gr/mm³.

- f) Menimbulkan panas yang besar (sekitar 10.500 kCal/kg).
- g) Mempunyai kandungan *sulfur* lebih besar dibanding bensin.
- h) Memiliki rantai *Hidrokarbon* C₁₄ s.d. C₁₈.

b. Syarat-Syarat Kualitas Solar yang Diperlukan

- a) Mudah terbakar.
- b) Solar harus dapat memungkinkan *engine* bekerja lembut dengan sedikit *knocking*.
- c) Tetap encer pada suhu dingin (tidak mudah membeku). Solar harus tetap cair pada temperatur rendah sehingga *engine* akan mudah dihidupkan dan berputar lembut.
- d) Daya Pelumasan. Solar juga berfungsi sebagai pelumas untuk pompa injeksi dan *nozzel*. Oleh karena itu, harus mempunyai sifat daya pelumas yang baik.
- e) Kekentalan Solar. Solar harus mempunyai kekentalan yang memadai sehingga dapat disemprotkan oleh injektor.
- f) Kandungan *Sulfur*. *Sulfur* merusak pemakaian komponen *engine*, dan kandungan sulfur solar harus sekecil mungkin.
- g) Stabil. Tidak berubah dalam kualitas, tidak mudah larut selama disimpan.

c. Nomor *Cetane* (*Cetane Number*)

Nomor *cetane* atau tingkatan dari solar adalah satu cara untuk mengontrol bahan bakar solar dalam kemampuan untuk mencegah terjadinya *knocking*. Tingkatan yang lebih besar memiliki kemampuan yang lebih baik. Ada dua skala indeks untuk mengontrol kemampuan solar untuk mencegah *knocking* dan mudah terbakar yaitu *cetane index* dan *diesel index*. Minimal tingkatan *cetane* yang dapat diterima untuk bahan bakar yang digunakan untuk *engine diesel* kecepatan tinggi umumnya 40-45. Oleh karena, itu *engine diesel* perbandingan kompresinya (15:1-22:1) lebih

tinggi daripada *engine* bensin (6:1-12:1) dan juga *engine diesel* dibuat dengan konstruksi yang jauh lebih kuat dari pada *engine* bensin.

d. Jenis- Jenis Bahan Bakar Mesin *Diesel*

a) *High Speed Diesel* (HSD)

High Speed Diesel (HSD) merupakan bahan bakar jenis solar untuk mesin tenaga diesel yang memiliki angka performa *cetane number* 45. Mesin *diesel* yang umum menggunakan bahan bakar ini mengadopsi sistem injeksi pompa mekanik dan elektronik injeksi. Jenis BBM ini diperuntukkan untuk jenis kendaraan bermotor untuk transportasi dan mesin industri.

b) *Marine Diesel Fuel* (MDF)

Minyak *diesel* adalah hasil penyulingan minyak yang berwarna hitam yang berbentuk cair pada temperatur rendah. Pada umumnya minyak *diesel* memiliki kandungan *sulfur* yang rendah dan dapat diterima oleh mesin *diesel* berkecepatan sedang di sektor industri. Oleh karena itu, minyak diesel disebut juga *Industrial Diesel Oil* (IDO) atau *Marine Diesel Fuel* (MDF).

c) *Marine Fuel Oil* (MFO)

Minyak bakar atau *Marine Fuel Oil* bukan merupakan hasil destilasi (pemisahan *fraksi-fraksi* minyak bumi berdasarkan perbedaan titik didihnya) tetapi hasil dari jenis residu yang berwarna hitam. Minyak jenis ini memiliki tingkat kekentalan yang tinggi dibandingkan minyak *diesel*.

d) *Biodiesel*

Biodiesel merupakan bahan bakar yang cukup baik sebagai sumber bahan bakar pengganti karena dapat terbarukan (*renewable*). Bahan ini adalah hasil reaksi asam lemak dengan *metil-alkohol*

membentuk senyawa *metil-ester*. *Biodiesel* merupakan bahan bakar yang tidak beracun, karena lebih mudah diurai secara alami, menghasilkan karbon monoksida dan *hidrokarbon* yang relatif rendah. Hal yang menarik dari *biodiesel* adalah memiliki kualitas yang memenuhi seluruh persyaratan bahan bakar *diesel*. Secara kimia, ia merupakan bahan bakar yang terdiri dari campuran *mono-alkyl ester* dari rantai panjang asam lemak. Jenis produk yang dipasarkan saat ini merupakan produk *biodiesel* dengan campuran 95% *diesel petroleum* dan mengandung 5% CPO yang telah dibentuk menjadi *Fatty Acid Methyl Ester* (FAME).

e) *Diesel* Performa Tinggi

Bahan bakar ini merupakan bakar mesin diesel modern yang memiliki *cetane number* 53 dan memiliki kualitas tinggi dengan kandungan *sulfur* di bawah 300 ppm. Jenis bahan bakar ini direkomendasikan untuk mesin *diesel* dengan sistem injeksi *Common Rail*. Sistem *Common Rail* adalah sebuah *tube* bercabang dengan katup injektor yang dikendalikan oleh komputer, dimana masing-masing *tube* tersebut terdiri atas *nozzle* mekanis yang sangat presisi dan sebuah *plunger* yang dikendalikan oleh *solenoid* dan *actuator piezoelectric*.

f) Pertamina DEX

Pertamina Dex Adalah bahan bakar mesin *diesel* modern yang telah memenuhi dan mencapai standar emisi gas buang EURO 2, memiliki angka performa tinggi dengan cetane number 53 ke atas, memiliki kualitas tinggi dengan kandungan *sulfur* di bawah 300 ppm, jenis BBM ini direkomendasikan untuk mesin *diesel* teknologi injeksi terbaru (*Diesel Common Rail System*), sehingga pemakaian bahan bakarnya lebih irit dan ekonomis serta menghasilkan tenaga yang lebih besar.

e. Perhitungan *Cetane Index* (CI) dan *Cetane Number* (CN)

CN dapat ditentukan dengan metode ASTM D-631 menggunakan mesin uji. CN dapat juga diprediksi menggunakan angka *Cetane Index* (CI) yang merupakan fungsi titik didih komponen penyusun solar serta densitas solar. Akibat penambahan ME pada solar juga menyebabkan kenaikan temperatur *distilate* dengan kenaikan sebesar 13% akibat penambahan 1,5% ME. Kenaikan kedua parameter ini disebabkan oleh sifat ME yang terutama merubah kestabilan *termal* solar.

f. Perhitungan *Yield* Reaksi

Perhitungan *yield* reaksi dilakukan untuk menentukan berapa banyak *nitrat* yang bereaksi dengan *metil-ester*. Perhitungannya dilakukan dengan menggunakan hasil FTIR dari NH_4NO_3 dan *metil ester nitrat* yang telah ditambahkan *asam asetat* (CH_3COOH) sebagai zat pembanding. Hasil dari perbandingan *spektra* ini menunjukkan bahwa *asam asetat* pada NH_4NO_3 dan ME muncul pada *spektrum* 3394 cm^{-1} dan 3316 cm^{-1} . *Spektrum asam asetat* yang digunakan sebagai referensi untuk menghitung NO_2 pada ME adalah yang berada pada 3394 cm^{-1} . Dengan menggunakan data tinggi puncak pada masing-masing *spektrum* serta membandingkan dengan tinggi puncak pada spektrum referensi, diperoleh *yield* sebesar 73%. Angka ini mengindikasikan banyaknya *nitrat* yang bereaksi dengan *metil-ester*. Data ini menunjukkan bahwa sintesis ME menggunakan metode ini cukup efektif karena mendapatkan *yield* lebih dari 50%.

2.6.2 Penyebab Kerak Hasil Endapan Bahan Bakar Cair

Kerak yang timbul pada *engine* dan bagian lain timbul akibat adanya pengotor dari solar itu sendiri. Ada tiga macam pengotor yang ada di solar, yaitu:

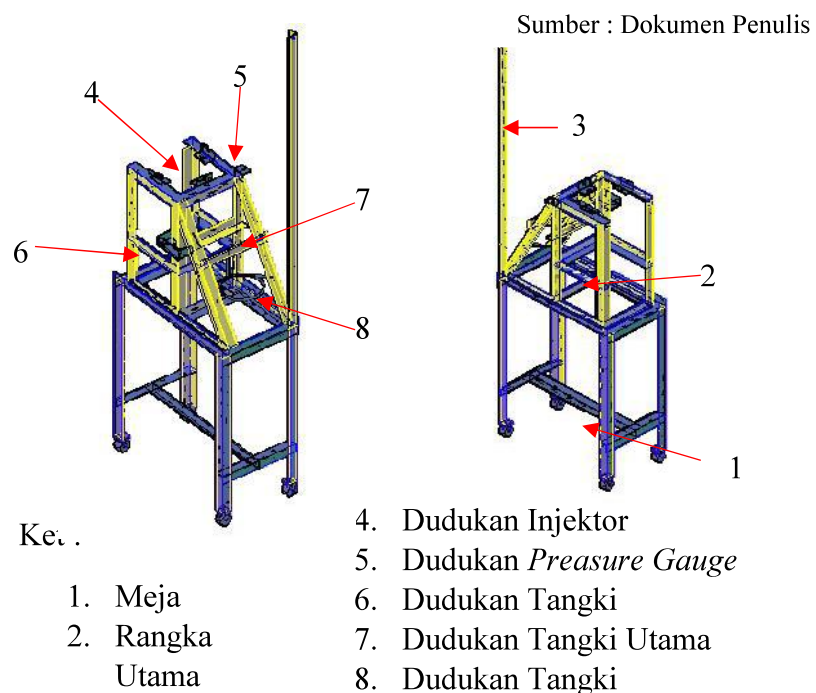
- a. Sejenis partikel kasar layaknya pasir, kerak bekas tangki harian, serpihan *metal*, atau kotoran lain. Partikel ini dapat menyebabkan *Fuel Filter* lebih pendek umurnya. Apabila tidak terdeteksi, *Filter* yang kotor itu bisa jadi akan tersumbat total sehingga konsumsi bahan bakar yang dibutuhkan mesin jadi berkurang. Akibatnya mesin mengalami '*stroke*', dimana tenaga mesin menurun dan dapat mengalami gagal operasional.
- b. Selain partikel-partikel kasar solar kotor juga dapat mengandung partikel-partikel halus sejenis pasir tetapi sangat halus, hingga partikel tersebut tidak tersaring oleh *fuel filter*. Partikel itu akan terbawa masuk sampai pada sistem *injection pump*. Di dalam *injection pump* terdapat *Plunger* yang bertugas memompa bahan bakar dari *barel injection pump* menuju ruang bakar. *Plunger* berbentuk seperti *piston* yang bergerak di dalam sebuah silinder. Jarak bebas antara *plunger* dan *liner*-nya sangat sempit, jadi jika ada partikel yang masuk terselip ke ruang bebas itu, dinding *liner* atau *plungernya* dapat terluka. Akibatnya, tekanan bahan bakar ke ruang bakar tidak maksimal sehingga daya mesin akan turun.
- c. Selain mengandung partikel, kita juga sering menjumpai solar yang tercampur dengan air. Air di dalam BBM ikut terbawa ke sistem *injection pump* dan menyebabkan kerak atau karat. Partikel kerak atau karat ini sangat mungkin akan mengganggu sistem kerja sistem injeksi sehingga mesin dapat mengalami *overspeed*.

2.7. Bahan Pembersih untuk Kerak Bahan Bakar

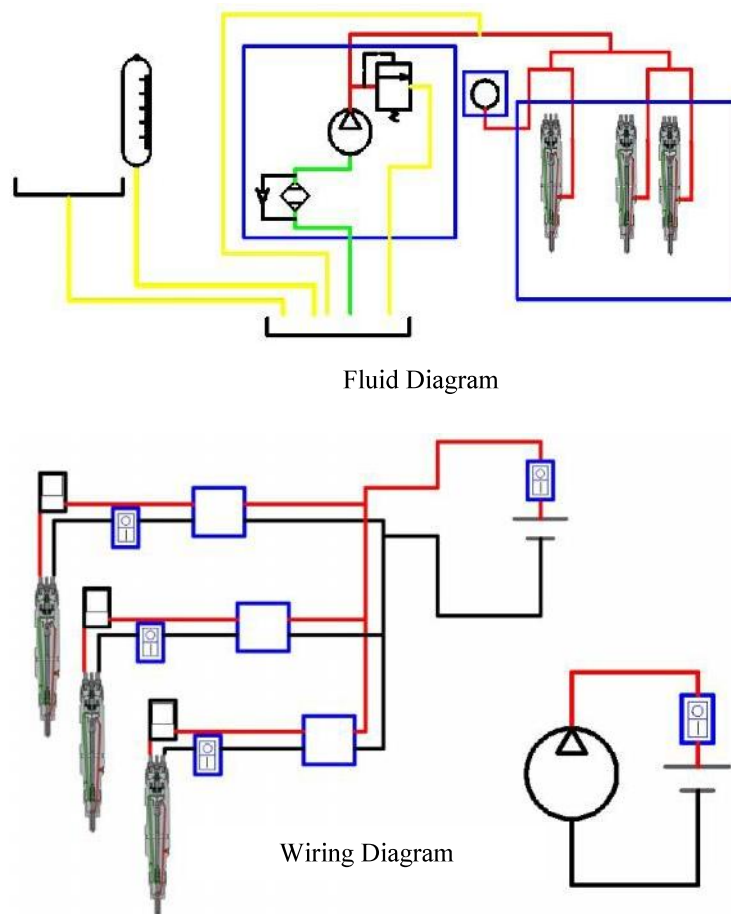
Berdasarkan jenis bahan bakarnya bahan pembersih kerak dibagi menjadi dua yaitu, pembersih kerak *diesel* dan pembersih kerak bensin. Pembersih kerak yang umumnya ditemukan dalam bentuk cair untuk bahan bakar mempunyai cara kerja dengan cara mengikis endapan kerak sedikit demi sedikit hingga akhirnya dapat mengurangi dan menghilangkan endapan kerak. Cara pemakaiannya ada dua, yaitu dengan cara mencampur cairan tersebut langsung di dalam tangki dengan bahan bakar dan yang kedua menggunakan alat. Perlu diketahui bahwa cara kedua biasanya dilakukan saat *engine* sedang di *overhaul*.

2.8. Rancangan Simulasi Alat Penguji Kinerja dan Pembersih Komponen Injektor.

Rangka yang difungsikan bertujuan sebagai tempat dan dudukan dari komponen-komponen seperti tangki dan aki.



Gambar 2.30 Kerangka Simulasi



Sumber : Dokumen Penulis

Gambar 2.31 Diagram Sistem Simulasi

Cara kerja diagram tersebut adalah ketika kunci kontak diposisikan hidup. Maka, Listrik dari aki mengalir dan menghidupkan pompa. Pompa tersebut membuat tekanan hingga tekanan tersebut *stand-by* di injektor untuk siap disemprotkan. Kelebihan tekanan akan dikembalikan ke tangki lewat *Relief Valve*. Listrik dari aki juga *stand-by* di sisi yang lain. Ketika *push-button* ditekan listrik akan masuk ke *Magnet Coil* dan mengaktifkan daya *Magnet* di *Magnet Core* yang nantinya akan mengaktifkan *Solenoid* atau *Armature*. *Armature* yang beraliran ini nantinya akan menarik besi yang terhubung dengan *Plunger* yang tadinya menutupi lubang semprot. Ketika lubang terbuka maka bahan bakar tadi dirilis dengan bentuk pengkabutan akibat tekanan dari pompa. Setelah periode waktu tertentu

push-button dilepas yang berarti menon-aktifkan *Solenoid* dan membuat lubang tertutup.

Aliran dari pompa pun kembali mengisi hingga tekanan yang diperlukan dan kembali *stand-by* untuk menjalani siklus berikutnya.

2.9. Rencana Perhitungan pada Simulasi

2.9.1 Rangka

A. Tegangan yang terjadi di Bahan.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (\text{Lit.2 Hal.70, 2011})$$

$$\sigma_i = \frac{\sigma_b}{V} \dots \dots \dots (\text{Lit.2 Hal.70, 2011})$$

Ket :

σ = Tegangan normal rata-rata (N/mm²)

σ_i = Tegangan ijin (N/mm²)

σ_b = Tegangan Bahan (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (mm²)

V = Faktor Keamanan

B. Tegangan Lasan

Tegangan Normal Rata-Rata

$$\sigma = \frac{F}{hl} \dots \dots \dots (\text{Lit. 4 Hal. 428, 1983})$$

$$\sigma_{ijin} = 0,3 \sigma_{ut} \dots \dots \dots (\text{Lit.2 Hal.490, 2011})$$

Ket :

σ = Tegangan normal rata-rata (N/mm²)

σ_{ut} = Tegangan *ultimate* (tarik) (N/mm²)

F = Gaya (N)

h = Tinggi leher las (*Throat*) (mm)

l = Panjang Pengelasan (mm)

2.9.2 Sistem

A. Fluida

a. Debit

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots (\text{Lit. 10, 2015})$$

$$Q = A.V \dots \dots \dots (\text{Lit. 10, 2015})$$

Ket :

Q = Debit (m³/s)

V = Volume (m³)

A = Luas Penampang (m²)

t = waktu (s)

b. Kecepatan Fluida

$$V_f = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (\text{Lit. 11, 2015})$$

Ket :

V_f = Kecepatan Fluida (m/s)

Q = Debit (m³/s)

A = Luas Penampang (m²)

c. Tekanan

- Tekanan Biasa

$$P = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (\text{Lit. 11, 2014})$$

Ket :

P = Tekanan (N/m²)

F = Gaya (N)

A = Luas Penampang (m²)

- Tekanan Hidrostatik

$$P_h = \rho \times g \times h \dots \dots \dots (\text{Lit. 11, 2015})$$

Dengan $s = \rho \times g$

Ket :

P_h = Tekanan normal rata-rata (N/m)

ρ = Massa Jenis (Kg/m³)

g = Gaya Gravitasi (m/s²)

h = Tinggi atau kedalaman (m)

s = Berat Jenis (Kg/m²s²)

- Tekanan Mutlak

$$P = P_{gauge} + P_{atm}$$

$$P_h = P_0 + \rho \times g \times h \dots \dots \dots (\text{Lit. 11, 2015})$$

Ket :

P = Tekanan Absolut (N/m)

P_{gauge} = Tekanan yang tertera di alat ukur (N/m)

P_{atm} = Tekanan atmosfer (N/m)

P_h = Tekanan normal rata-rata (N/m²)

ρ = Massa Jenis (Kg/m³)

g = Gaya Gravitasi (m/s²)

h = Tinggi atau kedalaman (m)

P_0 = Tekanan Udara Luar (N/m)

B. Kelistrikan

a. Tegangan dan Arus Listrik

$$V = I \cdot R \dots \dots \dots (\text{Lit. 3 Hal. 12, 2008})$$

Ket :

V = Tegangan Listrik (V)

I = Arus Listrik (A)

R = Hambatan (Ω)

b. Daya

$$P = V.I \dots\dots\dots(\text{Lit. 3 Hal. 4, 2008})$$

Ket :

P = Daya (Watt)

V = Tegangan Listrik (V)

I = Arus Listrik (A)