

KALIBRASI POMPA INJEKSI TIPE DISTRIBUTOR DALAM PERSAMAAN ALIRAN BAHAN BAKAR TERHADAP KONSUMSI TIAP SILINDER ENGINE DIESEL

Rusuminto Syahyuniar

Jurusan Mesin Otomotif, Politeknik Negeri Tanah Laut
Jl. A Yani Km 6 Pelaihari Tanah Laut Kalimantan Selatan
Email:rusumintosyahyuniar@yahoo.com

Naskah diterima: 02 Desember 2017 ; Naskah disetujui: 26 Desember 2017

ABSTRAK

Penggunaan motor diesel sekarang ini sudah sangat banyak, sedangkan motor diesel memerlukan perawatan berkala khususnya pada pompa injeksi yang harus dikalibrasi setelah dilakukan pembongkaran. Jika pompa injeksi tidak dikalibrasi maka akan berakibat pada performa mesin, dan hal tersebut mengakibatkan pengguna mobil merasa tidak nyaman saat mengemudikan mobil karena performa mobil tidak stabil, dan juga berakibat pada jumlah konsumsi bahan bakar. Untuk mengatasi hal tersebut maka harus dilakukan proses kalibrasi pompa injeksi. Proses kalibrasi dilakukan dengan memasang pompa injeksi pada alat kalibrasi dan menghubungkan pompa injeksi dengan motor penggerak, kemudian menyalakan saklar AC dan DC untuk membuka solenoid agar bahan bakar bisa mengalir, kemudian putar fuel load adjusting screw setiap 90° dengan kunci pas (open and spanner) 14 mm dan obeng (screw driver) (-) dengan Rpm motor penggerak 1100, kemudian lakukan uji coba sampai volume bahan bakar yang keluar sesuai standar 13-13,5 ml. Hasil percobaan sebelum dikalibrasi menunjukkan volume bahan bakar sebanyak 16ml, hasil tersebut menunjukkan volume bahan bakar melebihi standar (13-13,5 ml). Setelah pompa injeksi dikalibrasi maka hasil uji coba menunjukkan volume, 13ml. Hasil tersebut menunjukkan bahwa volume bahan bakar sudah sesuai standar.

Kata Kunci: Motor Diesel, Pompa Injeksi, Kalibrasi.

PENDAHULUAN

Diesel berasal dari nama seorang insinyur dari Jerman yang menemukan mesin ini pada tahun 1893, yaitu Dr. Rudolf Diesel. Pada waktu itu mesin tersebut tergantung pada panas yang dihasilkan dari kompresi untuk menyalakan bahan bakar. Bahan bakar ini disemprotkan ke silinder oleh tekanan udara pada akhir kompresi. Pada tahun 1924, Robert Bosch, seorang insinyur dari Jerman, mencoba mengembangkan pompa injeksi menggunakan metode tekanan udara yang akhirnya berhasil menyempurnakan ide dari Rudolf Diesel. Keberhasilan Robert Bosch dengan mesin dieselnnya tersebut sampai saat ini digunakan oleh masyarakat.

Penggunaan mesin diesel pada kendaraan bermotor memerlukan perawatan berkala dan perbaikan. Khususnya sistem bahan bakar, terutama pada pompa injeksi karena pompa injeksi adalah komponen utama untuk menyalurkan bahan bakar. Jika pompa injeksi mengalami kerusakan maka pompa injeksi harus diperbaiki dan dikalibrasi untuk mengatur ulang pompa injeksi sesuai spesifikasi dibuku manual. Apabila pompa injeksi tidak dikalibrasi maka akan berakibat pada performa mesin, dan hal tersebut akan

mengakibatkan pengguna mobil merasa tidak nyaman saat mengemudikan mobil karena performa mobil tidak stabil dan juga berakibat pada konsumsi bahan bakar.

Untuk mengatasi hal tersebut maka pada tugas akhir kali ini penulis akan membahas tentang kalibrasi pompa injeksi jenis distributor. Karena untuk mengkalibrasi pompa injeksi dibengkel memerlukan biaya yang cukup mahal, dan juga alat *tes bench* untuk kalibrasi pompa injeksi juga harganya sangat mahal. Berdasarkan uraian diatas penyusun mengambil judul yaitu “ Kalibrasi Pompa Injeksi Tipe Distributor”.

TINJAUAN PUSTAKA

Motor Diesel

Mesin diesel juga dikenal sebagai mesin kompresi (*compression*) adalah sebuah mesin pembakaran *internal* yang menggunakan panas kompresi untuk memulai pembakaran dan menyalakan bahan bakar yang telah disemprotkan oleh *nozzle* ke dalam ruang bakar. Pada motor diesel tidak diperlukan *system* pengapian seperti halnya pada motor bensin, namun dalam motor diesel diperlukan sistem injeksi bahan bakar berupa pompa injeksi (*injection pump*) dan pengabut *injector* atau *nozzle*. Bahan bakar yang

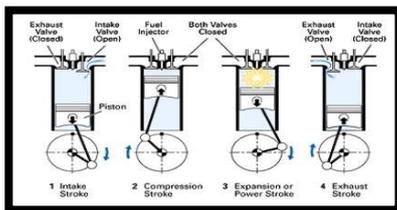
disempotkan harus mempunyai sifat dapat terbakar sendiri [1].

Mesin diesel memiliki efisiensi panas lebih tinggi daripada mesin panas yang lain, menggunakan sedikit bahan bakar untuk menyediakan daya yang sama, serta menggunakan bahan bakar yang lebih murah daripada mesin bensin. Terdapat beberapa kerugian dibandingkan dengan mesin bensin:

- Lebih berat untuk daya yang sama
- Pada mesin kecepatan tinggi, operasinya sedikit lebih kasar terutama pada beban ringan
- Harga awal yang tinggi

Prinsip Kerja Motor Diesel 4 Langkah

Motor diesel 4 langkah bekerja bila melakukan empat kali gerakan piston dua kali putaran engkol menghasilkan satu kali langkah kerja. Secara skematis prinsip kerja motor diesel empat langkah dapat ditunjukkan Gambar 1.



Gambar 1 Siklus motor diesel 4 langkah

- a. Langkah hisap
Katup masuk membuka dan katup buang tertutup. Udara mengalir ke dalam silinder.
- b. Langkah kompresi
Kedua katup menutup, piston bergerak dari titik TMB (titik mati bawah) ke TMA (titik mati atas) menekan udara yang ada dalam silinder. 5° setelah mencapai TMA bahan bakar diinjeksikan.
- c. Langkah ekspansi
Nozzle menyempotkan bahan bakar dengan tekanan tinggi dalam bentuk kabut ke dalam ruang bakar, dan selanjutnya terbakar bersama udara yang bertemperatur tinggi, sehingga terjadi ledakan yang mengakibatkan piston terdorong ke bawah, dan tenaga pembakaran dirubah menjadi tenaga mekanik.
- d. Langkah buang
Ketika piston hampir mencapai TMB, katup buang terbuka katup masuk tertutup. Ketika piston bergerak menuju TMA sisa pembakaran terbuang keluar ruang bakar. Akhir langkah ini adalah ketika piston mencapai TMA. Siklus kemudian berulang lagi.

Sistem Injeksi Bahan Bakar Motor Diesel

Sistem injeksi bahan bakar pada mesin diesel merupakan sistem yang penting. Dengan sistem injeksi bahan bakar yang baik dan tepat akan menghasilkan tenaga mesin yang optimal. Sebaliknya sistem injeksi bahan bakar yang kurang tepat dapat menyebabkan

tenaga mesin diesel kurang optimal, bahkan mungkin saja mesin diesel tidak dapat dijalankan sama sekali.

Sistem injeksi bahan bakar mesin diesel mencakup rangkaian komponen-komponen yang berhubungan dengan bahan bakar, yang berfungsi mengisap bahan bakar dari tangki bahan bakar, memompakan bahan bakar, sampai bahan bakar tersebut diinjeksikan ke dalam ruang bakar silinder mesin dalam rangka memperoleh tenaga [2].

Fungsi sistem injeksi diesel:

- a. Menampung bahan bakar
- b. Menyaring bahan bakar
- c. Memompa atau menginjeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar silinder mesin
- d. Mengabutkan bahan bakar ke dalam ruang bakar silinder mesin
- e. Memajukan saat penginjeksian bahan bakar
- f. Mengatur kecepatan mesin sesuai dengan bebannya melalui pengaturan penyaluran bahan bakar
- g. Mengembalikan kelebihan bahan bakar ke dalam tangki bahan bakar

Syarat sistem injeksi diesel:

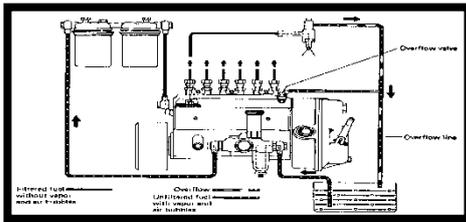
- a. Memberikan jumlah tertentu bahan bakar
Sistem injeksi bahan bakar harus setiap saat tertentu memberikan jumlah tertentu bahan bakar ke tiap-tiap silinder mesin diesel.
- b. Menepatan saat penginjeksian bahan bakar
Bahan bakar harus diinjeksikan ke dalam silinder tepat pada saat kemungkinan mesin diesel mampu menghasilkan tenaga yang maksimum. Bahan bakar yang diinjeksikan terlalu cepat atau terlalu lambat selama langkah usaha menyebabkan terjadinya kerugian tenaga.
- c. Mengendalikan kecepatan pengiriman bahan bakar.
Kerja mesin diesel yang halus pada tiap-tiap silinder tergantung pada lama waktu yang diperlukan untuk menginjeksikan bahan bakar. Kecepatan mesin yang lebih tinggi harus dicapai dengan pemasukan bahan bakar yang lebih cepat pula.
- d. Mengabutkan bahan bakar.
Bahan bakar harus sepenuhnya tercampur dengan udara untuk pembakaran sempurna. Dalam hal ini bahan bakar harus dikabutkan menjadi partikel-partikel yang halus. Dengan demikian penginjeksian bahan bakar ke dalam silinder mesin diesel harus pada saat yang tepat dan jumlah yang tepat pula sesuai dengan jumlah yang diperlukan.

Tipe Sistem Injeksi Bahan Bakar Motor Diesel

Sistem injeksi bahan bakar mesin diesel dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- a. Sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi sebaris

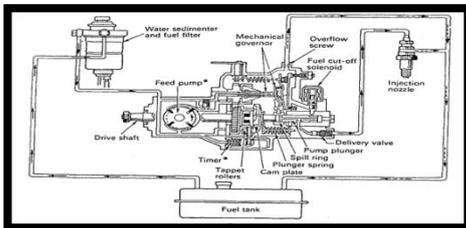
Pada sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi sebaris, terdiri dari empat elemen pompa yang melayani empat buah silinder. Dengan demikian tiap silinder mesin diesel akan dilayani oleh satu elemen pompa secara individual.



Gambar 2 Sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi sebaris

- b. Sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi distributor

Pada sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi distributor, pompa injeksinya hanya memiliki satu buah elemen pompa. Dengan demikian satu elemen pompa akan melayani empat buah silinder mesin diesel melalui saluran distribusi pada pompa.



Gambar 3 Sistem injeksi bahan bakar dengan pompa injeksi distributor

Pompa injeksi sebaris pada umumnya digunakan untuk mesin diesel bertenaga besar dengan ruang bakar langsung dan penyemprotan langsung (*direct injection*). Sedangkan pompa injeksi distributor banyak digunakan untuk mesin diesel bertenaga menengah dan kecil dengan ruang bakar tambahan.

Secara umum, komponen-komponen injeksi bahan bakar mesin diesel adalah:

- a. Tangki bahan bakar (*fuel tank*) berfungsi menyimpan atau menampung bahan bakar.
- b. Saringan bahan bakar (*fuel filter*) sangat penting karena bahan bakar diesel cenderung tidak bersih baik dari kotoran partikel atau dari air, sedangkan elemen pompa injeksi dan injektor dibuat presisi. Untuk memisahkan air dari bahan bakar diperlukan juga *water sedimenter* yang bekerja atas sifat gravitasi air sendiri yang lebih besar daripada bahan bakarnya.

- c. Pompa pemindah bahan bakar (*fuel transfer pump*) berfungsi untuk mengisap bahan bakar dari tangki dan menekan bahan bakar melalui saringan bahan bakar ke ruang pompa injeksi. Pompa ini dinamakan juga pompa pemberi (*feed pump*).
- d. Pompa injeksi bahan bakar (*fuel injection pump*) berfungsi untuk menekan bahan bakar dengan tekanan yang cukup melalui kerja elemen pompa.

Pompa Injeksi

Pompa injeksi bahan bakar berfungsi untuk menekan bahan bakar dengan tekanan yang cukup melalui kerja elemen pompa. Pompa injeksi biasanya dipasang dibagian sisi mesin dan digerakan oleh *crankshaft* melalui *timing gear* atau sebuah *timing belt*. Pompa injeksi bahan bakar ada dua model yaitu pompa injeksi sebaris dan pompa injeksi distributor [3].

1. Pompa injeksi sebaris (*inline*)

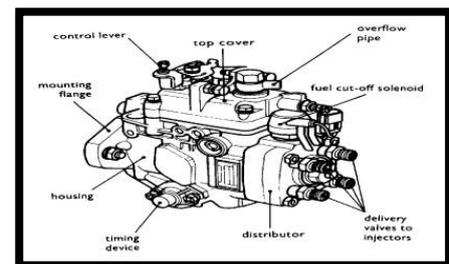
Jenis pompa ini banyak digunakan untuk mesin diesel yang bertenaga besar, karena pompa injeksi ini mempunyai kelebihan bahwa tiap elemen pompa melayani satu silinder mesin.



Gambar 4 Pompa injeksi sebaris tipe Bosch (PE)

2. Pompa injeksi distributor

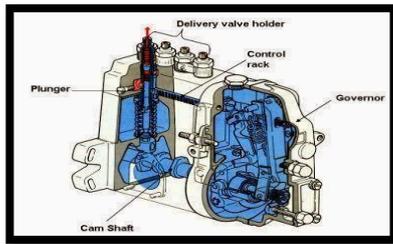
Pompa injeksi distributor tipe VE ini dirancang dengan *plunger* tunggal untuk mengatur banyaknya bahan bakar yang diinjeksikan dengan tepat dan membagi pemberian bahan bakar ke setiap silinder mesin sesuai dengan urutan penginjeksiannya.



Gambar 5 Pompa injeksi distributor tipe VE

Komponen Komponen Pompa Injeksi

Pompa injeksi berfungsi mensuplai bahan bakar ke *nozzle* dengan tekanan tinggi ($\text{max } 300 \text{ kg/cm}^2$), menentukan *timing* penyemprotan dan jumlah bahan bakar yang disemprotkan.



Gambar 6 Kontruksi Pompa injeksi

1. Governor

Governor berfungsi untuk mengatur putaran engine sesuai dengan bahan bakar dan putaran *engine*. Untuk pompa injeksi tipe *bosch* dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Minimum dan maksimum *speed governor*. Umumnya tipe ini digunakan untuk otomobil.
- All speed governor*. Umumnya tipe ini dipakai untuk mesin-mesin konstruksi dan *engine generator*.

2. Cam shaft

Camshaft berputar dan mendorong Plunger melalui Tappet sesuai dengan Firing Order. *Camshaft* juga menjadi tempat *Governor* dipasang, karena *Governor* bekerja berdasarkan putaran dari mesin sehingga bisa menggerakkan *Control Rack* dan mengatur keluarnya bahan bakar serta putaran mesin (mencegah *over running* pada putaran tinggi dan tidak mati pada putaran rendah).



Gambar 7 a) *Cam shaf* b) *Tappet*

3. Plunger

Plunger disebut juga Elemen adalah komponen utama dalam sistem kerja Pompa Injeksi mesin diesel. Dibuat dengan sangat presisi pada celah antara Plunger dengan *Barel/Silinder* (rumah *plunger*) sehingga bahan bakar yang dipompakan benar-benar padat.



Gambar 8 *Plunger*



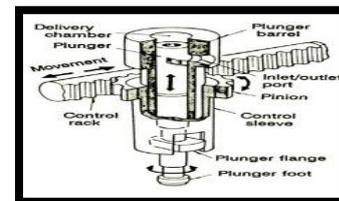
Gambar 9 Komponen *plunger*

Dari Gambar 9 dapat dilihat komponen *plunger*, berikut adalah keterangannya:

- Barrel / Silinder* (biasa disebut rumah/*plunger*)
- Feed Hole* (Lobang pemberi) sebagai jalur masuk bahan bakar yang akan dipompa.
- Driving Face* (yang digerakkan oleh *Control Sleeve* untuk mengatur debit minyak yang dipompa)
- Helix / Control Groove*

4. Control rack

Control rack yang dihubungkan dengan *governor* berfungsi untuk memutar plunger guna mengatur jumlah bahan bakar yang diinjeksikan.



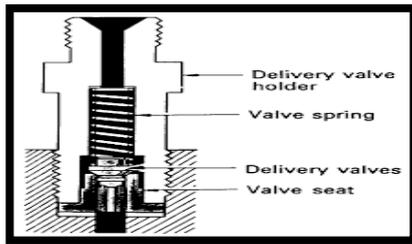
Gambar 10 *Control rack*

5. delivery valve

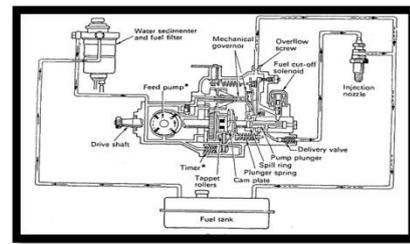
Delivery valve pada pompa bahan bakar diesel berfungsi untuk mencegah terjadinya aliran balik dari bahan bakar dan juga untuk mengatur tekanan sisa bahan bakar. Ketika plunger pada pompa bahan bakar telah mencapai TMA (titik mati atas) maka proses penginjeksian bahan bakar berakhir.

Plunger terhubung dengan injektor *nozzle* melalui pipa tekanan tinggi sehingga jika proses penginjeksian selesai akan ada sisa bahan bakar di pipa tekanan tinggi. Ketika plunger di dalam pompa bergerak turun menuju TMB (titik mati bawah), maka akan terjadi hisapan bahan bakar di atas ruang plunger

Jika bahan bakar yang terdapat di pipa tekanan tinggi ini ikut terhisap ketika plunger bergerak turun maka pada saat proses penginjeksian akan terjadi keterlambatan. Oleh sebab itu sisa bahan bakar di dalam pipa tekanan tinggi tidak boleh masuk ke dalam ruang *plunger* saat plunger bergerak turun (langkah hisap).



Gambar 11 Delivery valve



Gambar 13 Cara kerja Pompa injeksi tipe distributor

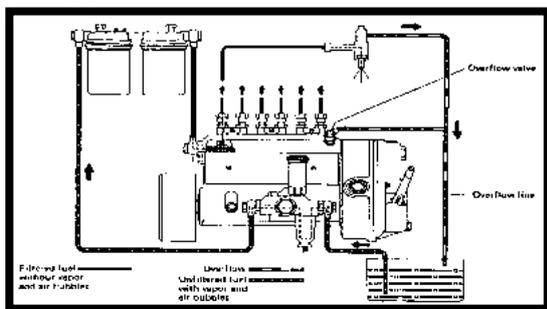
Konstruksi Dan Cara Kerja Pompa Injeksi

1. Cara kerja pompa injeksi tipe *in-line* (sebaris)

Feed pump mengisap bahan bakar dari tangki bahan bakar dan menekan bahan bakar yang telah disaring oleh filter ke pompa injeksi. Pompa injeksi tipe *in-line* mempunyai *cam shaft* dan *plunger* yang jumlahnya sama dengan jumlah silinder pada mesin. *Cam shaft* menggerakkan *plunger* sesuai dengan firing order mesin. Gerak lurus bolak-balik dari *plunger* ini menekan bahan bakar dan mengalirkannya ke *injection nozzle* melalui *delivery valve*.

Delivery valve berfungsi mencegah aliran bahan bakar balik dari saluran bahan bakar ke *plunger*, dan menghisap bahan bakar dari *injection nozzle* untuk menghentikan injeksi dengan cepat.

Plunger dilumasi oleh bahan bakar diesel dan *camshaft* oleh minyak pelumas mesin. *Governor* mengatur banyaknya bahan bakar yang disemprotkan oleh *injection nozzle* dengan menggeser *control rack*.



Gambar 12 Cara kerja Pompa injeksi tipe *in-line*

1. Cara kerja pompa injeksi tipe distributor

Bahan bakar diesel disaring oleh water sedimenter dan *fuel filter* kemudian ditekan ke rumah pompa injeksi oleh *vane type feed pump* yang mempunyai empat buah *vane*. Bahan bakar melumasi komponen pompa pada saat mengalir ke *pump plunger*. Sebagian bahan bakar kembali ke tangki melalui *overflow screw* sambil mendinginkan bagian-bagian pompa yang dilewatinya.

Pompa plunger bergerak lurus bolak balik sambil berputar akibat Bergeraknya *drive shaft*, *camplate*, *tappets rollers*, *plunger spring* dan bagian-bagian lainnya.

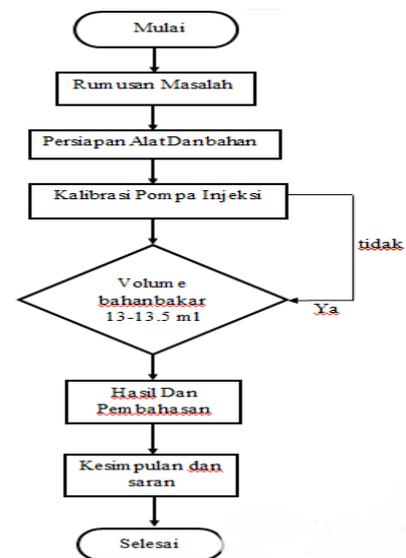
Gerakan bolak-balik *plunger* menaikkan tekanan bahan bakar dan menekan bahan bakar melalui *delivery valve* ke *injection nozzle*. *Mechanical governor* mengatur banyaknya bahan bakar yang disemprotkan dari *nozzle* dengan menggerakkan *spill ring*, sehingga mengubah saat akhir langkah efektif *plunger*.

Fuel injection timing di atur oleh *pressure timer*. *Timer* diatur oleh tekanan pengirim dari *feed pump*. Posisi *tapped roller* diubah-ubah oleh *timer* untuk mengatur *injection timing*.

Mesin mati bila injeksi bahan bakar berakhir. Pada saat *starter switch off*, arus yang mengalir ke *fuel cut off solenoid* terputus dan saluran bahan bakar tertutup oleh *solenoid plunger*. Akibatnya, penginjeksian bahan bakar berhenti dan mesin mati [4].

METODOLOGI

Pada penelitian kali ini untuk mencapai tujuan yang diinginkan harus dilakukan dalam beberapa tahapan. Adapun tahapan yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:



Gambar 14 Diagram Alir

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam proses pembuatan alat kalibrasi pompa injeksi adalah sebagai berikut :

1. Kunci Pas (*Open end wrench*)

2. Kunci Ring (*Box wrench*)
3. Kunci Kombinasi (*Combination wrench*)
4. Kunci Soket
5. Gerinda
6. Ragum
7. Kikir
8. Bor (*Drills*)
9. Mesin las
10. *Stopwatch* : Fungsi *stopwatch* yaitu untuk menghitung waktu pengambilan data setiap 1 menit.
11. Gelas ukur (*measuring cup*): Fungsi gelas ukur dalam pengambilan data yaitu untuk mengetahui jumlah bahan bakar yang disemprotkan pada setiap *nozzle* .

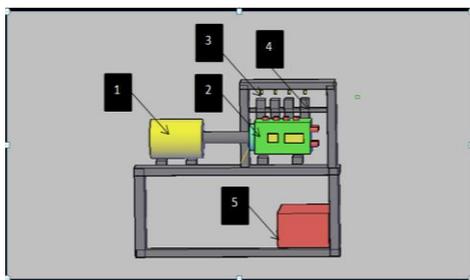
Bahan

Adapun bahan yang dipakai adalah:

1. Motor listrik (*Electro motor*)
2. Pompa injeksi tipe Distributor
3. *Nozzel*
4. Besi siku (*Iron elbow*)
5. Selang betekanan (*Pressure hoses*)
6. Baut (*Bolt*)
7. Mur (*Nut*)
8. Roda (*Wheels*)
9. Gelas ukur (*Measuring cup*)
10. Botol (*Bottle*)
11. tangki bahan bakar (*Fuel tank*)

Pengujian kalibrasi dan pengambilan data

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana cara mengkalibrasi pompa injeksi agar jumlah bahan bakar yang disemprotkan oleh *nozzle* jumlahnya sama, sehingga dapat meminimalisir jumlah pemakaian bahan bakar dan juga untuk menjaga performa mesin agar tetap stabil. Standar volume bahan bakar untuk tipe distributor yaitu 13 mililiter sampai 13.5 mililiter. apabila volume bahan bakar melebihi atau kurang dari standar maka pompa injeksi harus dikalibrasi.



Gambar 15 Gambar alat

keterangan :

1. Motor penggerak (*Electro motor*)
2. *Fuel injection pump* (pompa injeksi)
3. *Nozzle*
4. Gelas ukur (*Measuring cup*)
5. Tangki bahan bakar (*Fuel tank*)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cara Kerja Alar Kalibrasi Pompa Injeksi

Cara kerja alat ini adalah untuk mengkalibrasi pompa injeksi pompa injeksi yang bertujuan untuk menyamakan jumlah bahan bakar yang dikeluarkan pada setiap *nozzle*. berikut adalah alur cara kerja alat tersebut :



Gambar 16 Rangkaian alat kalibrasi pompa injeksi

1. Motor Ac akan menggerakkan pompa injeksi dengan arah putaran berlawanan jarum jam, tujuannya agar pompa injeksi dapat menyedot bahan bakar dari tangki bahan bakar



Gambar 17 penggerak pompa injeksi

2. Bahan bakar dihisap oleh pompa injeksi dari tangki bahan bakar
3. Setelah bahan bakar masuk ke pompa injeksi selanjutnya solenoid membuka setelah diberi arus 12V. kemudian bahan bakar akan diinjeksikan melalui dan akan dikabutkan oleh *nozzle*



Gambar 18 Solenoid



Gambar 19 Nozzle

Pengambilan Data

Hasil ini merupakan tahap akhir dalam proses penggarapan alat kalibrasi pompa injeksi tipe distributor, yang di dalam nya terdapat data kecepatan motor ac (RPM), jumlah bahan bakar yang diinjeksikan oleh nozzle sebelum dan sesudah dikalibrasi :

Tabel 1 Pengambilan Data Kecepatan Motor Penggerak

NO Uji Coba	RPM Motor AC sebelum terhubung ke pompa injeksi	RPM Motor Ac setelah terhubung ke pompa injeksi
1	1492 RPM	1103 RPM
2	1493 RPM	1103 RPM



Gambar 20 Sebelum terhubung ke pompa injeksi



Gambar 21 Setelah terhubung ke pompa injeksi

Dari hasil pengambilan data diatas menunjukkan RPM motor penggerak dari percobaan pertama menunjukkan 1493 RPM sebelum terhubung ke pompa injeksi, setelah terhubung ke pompa injeksi RPM motor penggerak menurun menjadi 1103 RPM, hal tersebut dikarenakan pompa injeksi memompa bahan bakar dari tangka bahan bakar dan juga mengalirkan bahan bakar dengan tekanan tinggi ke nozzle agar bahan bakar biasa dikabutkan oleh *nozzle*.

1. Pengambilan data jumlah bahan bakar yang di injeksikan sebelum di kalibrasi, pengambilan data dilakukan selama 1 menit dalam posisi motor penggerak pompa injeksi memutar pompa injeksi.

Tabel 2 Uji Coba Pompa Injeksi Sebelum Dikalibrasi

UJI COBA	NOZZLE				RPM	WAKTU (MENT)
	1	2	3	4		
	Volume (ml)	Volume (ml)	Volume (ml)	Volume (ml)		
1	16	16	16	16	1100	1
2	16	16	16	16	1100	1
3	15	15	15	15	1100	1
Rata rata = 15,7 ml						

Dari data diatas menunjukkan bahwa jumlah bahan bakar yang di injeksikan oleh *nozzle* sama jumlah nya akan tetapi jumlah tersebut masih besar di dibandingkan dengan petunjuk sesuai buku manual pompa injeksi. Jika hal ini di biarkan saja maka akan berpengaruh terhadap borosnya pemakaian bahan bakar. jika bahan bakar terlalu boros juga akan berpengaruh terhadap kondisi ruang bakar, yang akan mengakibatkan ruang pembakaran diselinder akan cepat menimbulkan kerak. jika didalam ruang bakar terdapat banyak kerak performa mesin pun akan menurun di karenakan pembakaran yang tidak maksimal. Dan apabila kekurangan bahan bakar juga menimbulkan efek performa engine kurang dan juga engine sulit dinyalakan dikarenakan bahan bakar yang disemprotkan kurang.

2. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga kali untuk memastikan bahan bakar yang disemprotkan sudah mencapai standar dari buku manual, berikut adalah data yang dilakukan sebanyak tiga kali yang ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3 Pengambilan Data Setelah di Kalibrasi

UJI COBA	NOZZLE				RPM	WAKTU (MENT)
	1	2	3	4		
	Volume (ml)	Volume (ml)	Volume (ml)	Volume (ml)		
1	13	13	13	13	1100	1
2	13,5	13,5	13,5	13,5	1100	1
3	13	13	13	13	1100	1
Rata rata = 13,2 ml						

Dari Tabel 3 menunjukkan jumlah bahan bakar yang di semprotkan sudah mencapai standar, karena pada pompa injeksi bahan bakar yang disalurkan tidak boleh lebih dan juga tidak boleh kurang dari standar karena akan berakibat pada performa engine dan juga jumlah pemakaian bahan bakar akan boros jika bahan bakar yang di semprotkan melebihi standar. untuk itulah dilakukan nya kalibrasi pompa injeksi jika terjadi kerusakan pada pompa injeksi dan juga jika terjadi gangguan pada *system* bahan bahan bakar motor diesel.

Proses Kalibrasi Pompa Injeksi

Sebelum melakukan kalibrasi ada beberapa prosedur yang harus dilakukan, agar proses kalibrasi mendapatkan hasil yang maksimal. Berikut adalah tahapan sebelum mengkalibrasi pompa injeksi:

A. Prosedur Sebelum Melakukan Kalibrasi

Sebelum melakukan kalibrasi sebaiknya lakukan langkah langkah sebagai berikut:

1. Bersihkan pompa injeksi sebelum dipasang pada alat kalibrasi.
2. Tutup lubang *delivery valve* menggunakan penutup agar kotoran tidak masuk ke pompa injeksi.

B. Proses Kalibrasi Pompa Injeksi

Setelah pompa injeksi bersih dari kotoran maka setelah itu dilakukan proses kalibrasi, berikut adalah tahapan proses kalibrasi:

1. Pasang pompa injeksi pada alar tes kalibrasi, usahakan pompa injeksi benar benar terikat kokoh pada alat.
2. Hubungkan poros motor penggerak ke pompa injeksi, lalu kencangkan baut pada motor penggerak.
3. Pasang pipa dari pompa injeksi menuju *nozzle* dan kencangkan.
4. Siapkan baterai 12v dan hubungkan kutup (-) baterai ke bodi alat dan kutup(+) ke kabel *solenoid*.
5. Nyalakan saklar AC dan saklar DC(batrai) sehingga motor penggerak hidup dan memutar pompa injeksi, dan juga *solenoid* membuka setelah diberi arus 12V.
6. Kemudian lihat jumlah minyak yang di keluarkan oleh *nozzle* di gelas ukur selama 1 menit, setelah itu matikan semua saklar untuk menghentikan putaran motor penggerak.
7. Apabila jumlah minyak di gelas ukur melebihi 13 ml per menit nya, maka harus di atur agar jumlah minyak yang keluar sesuai standar.
8. Atur *fuel load adjusting screw* searah jarum jam dengan menggunakan kunci pas(*open and spanner*)14 mm dan obeng(*screw driver*) (-) lalu putar *fuel load adjusting screw* nya sampai jumlah minyak menunjukkan 13 ml dalam keadaan mesin penggerak tidak memutar pompa injeksi.
9. Untuk memutar *fuel load adjusting screw* lakukanlah setiap 90°, kemudian ukur Volume bahan bakar yang di injeksikan. Apabila volume bahan bakar belum sesuai standar maka putar kembali *fuel load adjusting screw* sebanyak 90°, kemudian uji kembali sampai bahan bakar sesuai standar yaitu antara 13-13.5 mililiter.
10. Setelah kalibrasi dilakukan usahakan tidak ada rembesan minyak yang menetes pada pompa injeksi.

11. Kemudian pompa injeksi siap dipasang pada *engine* untuk mengetes performa *engine*
12. Apabila dalam proses kalibrasi terdapat masalah contoh nya ada salah satu silinder yang volume bahan bakarnya berbeda (tidak sama) maka penyebab hal tersebut terdapat pada pompa injeksi yang bemasalah, kemungkinan pompa injeksi kotor atau tersumbat pada bagian silinder yang bemasalah. Sehingga mengakibatkan jumlah volume bahan bakar menjadi berbeda dari silinder yang lain.
13. Untuk mengatasi masalah tersebut maka pompa injeksi harus dibongkar dan dibersihkan, apabila ada komponen rusak maka harus diganti. Setelah dilakukan perbaikan maka pompa injeksi harus dikalibrasi kembali untuk mengetahui apakah volume bahan bakar yang diinjeksikan sudah sama pada setiap silinder.

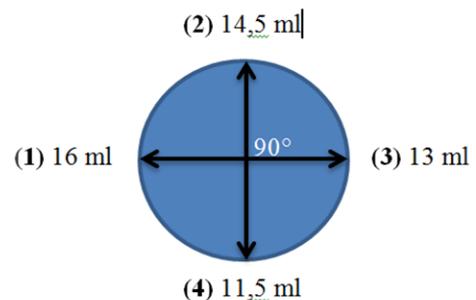
C. Proses Setelah Dikalibrasi

Setelah pompa injeksi dikalibrasi maka ada tahapan yang harus dilakukan, berikut adalah tahapan yang harus dilakukan:

1. Lepas pompa injeksi pada alat kalibrasi pompa injeksi.
2. Bersihkan sisa bahan bakar yang menempel pada pompa injeksi.
3. Pasang pompa injeksi pada mesin dan siap diuji coba performa mesin.

Standar *Fuel Load Adjusting Screw*

Proses *fuel load adjusting screw* dilakukan dengan memutar *fuel load adjusting screw* searah jarum jam setiap 90° lalu lihat volume bahan bakar yang dikeluarkan oleh *nozzle*. Untuk mengecilkan volume bahan bakar maka *fuel load adjusting screw* harus diputar searah jarum jam, dan untuk menambah volume bahan bakar maka harus diputar berlawanan arah jarum jam. Berikut adalah gambar bagaimana proses memutar *fuel load adjusting screw* setiap 90°.



Gambar 22 Posisi *Adjustable*

Penjelasan Gambar 21:

Nomor 1 menunjukkan jumlah volume sebelum dikalibrasi yaitu sebesar 16 ml. Kemudian *fuel load adjusting screw* diputar sebanyak 90° kemudian alat dicoba kembali dan didapat hasil 14,5 ml seperti yang

ditunjukkan oleh nomor 2. Setelah itu diputar kembali 90° dan hasil yang didapat adalah 13 ml seperti nomor 3. kemudian diputar kembali 90° dan hasilnya adalah 11,5 ml.

Dari data 1-4 menunjukkan data nomor 3 sesuai dengan standar dari jumlah bahan bakar. sedangkan data nomor 2 menunjukkan jumlah bahan bakar melebihi standar, Dan data nomor 4 menunjukkan volume bahan bakar terlalu sedikit dari standar.

1. Efek *Engine* Terlalu Sedikit Bahan Bakar

- Engine* akan lebih cepat panas
- Engine* susah distart
- Performa *engine* tidak stabil

2. Efek *Engine* Terlalu Banyak Bahan Bakar

- Knalpot berasap hitam
- Bahan bakar boros
- Engine* sulit distart
- Putaran mesin tidak stabil

KESIMPULAN

Berdasarkan uji coba dan pengambilan data pada alat kalibrasi pompa injeksi jenis distributor maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Proses kalibrasi dilakukan dengan mesang pompa injeksi dan menghubungkan poros motor penggerak ke pompa injeksi, kemudian menyalakan saklar AC dan DC untuk membuka solenoid agar bahan bakar bisa mengalir, kemudian putar fuel load adjusting screw setiap 90° dengan kunci pas (*open and spanner*) 14 mm dan obeng (*screw driver*) (-) dengan Rpm motor penggerak 1100, kemudian lakukan uji coba sampai volume bahan bakar yang keluar sesuai standar 13-13,5 ml.
- Hasil pengambilan data 3 kali percobaan sebelum dikalibrasi menunjukkan volume bahan bakar sebanyak 16ml, 16ml, 15 ml, hasil tersebut menunjukkan volume bahan bakar melebihi standar (13-13,5 ml). Setelah pompa injeksi dikalibrasi maka dilakukan pengambilan data sebanyak 3 kali, dan hasil uji coba menunjukkan volume, 13ml, 13,5ml, 13 ml, Hasil tersebut

menunjukkan bahwa volume bahan bakar sudah sesuai standar.

SARAN

- Untuk mensempurnakan alat kalibrasi pompa injeksi usahakan gunakan alat pengatur kecepatan motor penggerak agar kecepatan motor penggerak dapat di atur sesuai kebutuhan.,
- Untuk tangki bahan bakar usahakan jangan terlalu jauh dari pompa bahan bakar, dikarenakan daya hisap pompa bahan bakar hanya 1 meter.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Drs. Buntarto, M.pd., 2016, *Pintar Servis Mesin Diesel*.
- [2] Arismunandar, Wiranto, 2008, *Motor Diesel Putaran Tinggi*, PT. Pradnyaparamita, Jakarta.
- [3] Drs. Daryanto, Drs. Ismanto Setyabudi, M.pd, 2014, *Teknik Motor Diesel*.
- [4] Sukoco, M.pd. Zainal Arifin, M.T, 2013, *Teknologi Motor Diesel*.
- [5] Bosch, 1996, *Governor for Diesel In-line Fuel-Injection Pump*, Technical Intruccion, BOSCH, 3rd Edition, Robert Bosch GmbH, Germany,
- [6] Bosch, 1999, *Diesel Fuel-Injection: An overview*, Technical Instruction, BOSCH, 3rd Edition, Robert Bosch GmbH, Germany,
- [7] DaimlerChrysler. 2000. Sistem Injeksi Bahan Bakar Diesel, Edisi 1. Jakarta Indonesia: Central Training Departement PT Daimler Chrysler Distribution Indonesia.
- [8] Swisscontact. 2000. Motor Diesel Materi Training. Jakarta Indonesia: Jakarta Clean Air Project, Swisscontact, Jakarta, Indonesia.
- [9] Toyota. 1980. *Toyota Diesel Engine, Service Training Information*. Japan: Toyota Motor Sales CO.LTD, Japan
- [10] Trommelmans, J, 1986, *Mesin Diesel*, PT. Rosda Jaya Putra, Bandung.