

PENGARUH KALIBRASI INLINE PUMP PADA MESIN DIESEL

Ucok Mulyo Sugeng⁽¹⁾, Muhammad Firdausi⁽²⁾, Abdul Hakim⁽³⁾

⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri

Institut Sains Dan teknologi Nasional

Jl. Moh. Kahfi II, Srengseng Sawah, Jagakarsa, DKI Jakarta 12640, Indonesia

Email : ucok@istn.ac.id

ABSTRAKSI

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 sebaris pada mesin test bench, kemudian melakukan pengecekan awal agar proses kalibrasi berjalan lancar, kemudian melakukan pengukuran awal volume bahan bakar dengan rpm 1250 stroke 200. Standar volume bahan bakar yang harus dicapai setiap elemen pompa pada rpm 1250 stroke 200 adalah 35,4 (+/-) 0,5 cc dan hasil yang didapat secara berurutan adalah (31,1cc – 31,2cc – 32,2cc – 33,6cc – 35,2cc – 34,6cc). Kemudian dilakukan pengukuran volume bahan bakar pada rpm 275 stroke 500 yang standar volumenya 4,5 cc dan didapat hasil setiap elemen pompa secara berurutan (2,4cc – 2,8cc – 3,6cc – 4cc – 4,6cc – 4,3cc). Karena pada pengukuran awal volume bahan bakar di rpm 1250 dan 275 hasilnya tidak rata antara elemen satu dengan lainnya serta tidak sesuai standar, maka dilakukan penyetelan dengan cara mengendorkan sekrup klem plunger atau sekrup pinion, lalu ketok sedikit demi sedikit control sleeve ke kiri atau ke kanan menggunakan obeng, ke kiri untuk menambah volume bahan bakar dan ke kanan untuk mengurangi volume bahan bakar. Setelah selesai melakukan penyetelan dilakukan kembali pengukuran volume bahan dimulai dari rpm 275 stroke 500 rack 8,6 mm (+/-) 0,1 mm dan hasil volume bahan bakar setelah pengukuran yaitu 4,5 cc untuk setiap elemen pompa, kemudian dilakukan pengukuran volume bahan bakar pada rpm 1250 stroke 200 rack 15,7 mm (+/-) 0,2 mm dan hasil volume yang didapat yaitu 35,5 untuk setiap elemen pompa, kemudian dilakukan pengukuran bahan bakar pada rpm 100 stroke 200 rack 11,7 mm (+/-) 0,2 mm dan didapat hasil volume yaitu 31 cc untuk setiap elemen pompa. Dari hasil setelah penyetelan menunjukkan bahwa volume bahan bakar sudah sesuai standar.

Kata kunci : Motor diesel, pompa injeksi sebaris, kalibrasi, mesin test bench.

ABSTRACTION

The use of diesel motors is now very large, while diesel motors require regular maintenance, especially the injection pump which must be calibrated after dismantling. If the injection pump is not calibrated it will have an impact on engine performance, and this will cause car users to feel uncomfortable driving the car because the car's performance is unstable and also results in the amount of fuel consumption. To overcome this, the injection pump calibration process must be carried out. The calibration process is carried out by installing an injection pump in line on the test bench machine, then doing an initial check so that the calibration process runs smoothly, then making an initial measurement of the fuel volume with a rpm of 1250 stroke 200. The standard for the volume of fuel that must be achieved by each

pump element at 1250 stroke 200 rpm is 35.4 (+/-) 0.5 cc and the results obtained are (31.1cc - 31.2cc - 32.2cc - 33, respectively. 6cc - 35.2cc - 34.6cc). Then measured the volume of fuel at 275 stroke 500 rpm with a standard volume of 4.5 cc and the results of each pump element were obtained sequentially (2.4cc - 2.8cc - 3.6cc - 4cc - 4.6cc - 4.3cc). Because in the initial measurement of the fuel volume at 1250 and 275 rpm the results were uneven between the elements and not according to the standard, adjustments were made by loosening the plunger clamp screw or pinion screw, then tapping the control sleeve little by little to the left or right. using a screwdriver, left to increase fuel volume and right to decrease fuel volume. After completing the adjustment, the measurement of the volume of the material starts from rpm 275 stroke 500 rack 8.6 mm (+/-) 0.1 mm and the resulting volume of fuel after measurement is 4.5 cc for each pump element, then the volume measurement is carried out. fuel at rpm 1250 stroke 200 rack 15.7 mm (+/-) 0.2 mm and the volume results obtained are 35.5 for each pump element, then the fuel measurement is carried out at rpm 100 stroke 200 rack 11.7 mm (+/-) 0.2 mm and the resulting volume is 31 cc for each pump element. From the results after the adjustment shows that the fuel volume is up to the standard.

Keywords: Diesel motor, inline injection pump, calibration, test bench machine

1. PENDAHULUAN

Mesin diesel berbeda dengan mesin bensin karena udara memasuki silinder tanpa bahan bakar, setelah sebelumnya udara mendapatkan tekanan dan suhu yang tinggi. Beberapa saat sebelum piston mencapai titik mati atas bahan bakar disemprotkan dalam bentuk yang terurai dan terjadilah pembakaran spontan. Untuk itu mesin diesel membutuhkan rasio kompresi sekitar 15-22 dan udara bertekanan dengan suhu di atas 500 °C.

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. Oleh karena itu berbicara perawatan mesin, hal penting yang harus diperhatikan adalah tekanan awal nozzle injeksi yang benar dan penguraian bahan bakar, tekanan kompresi dan timing injeksi.

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.

2. TINJAUAN PUSTAKA

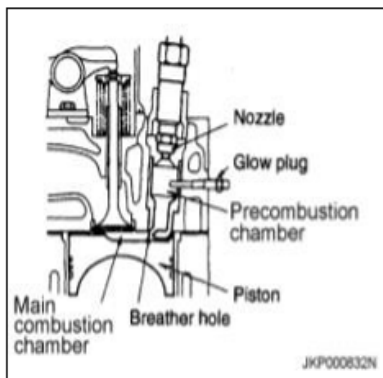
2.1 Pengertian dan Prinsip Kerja Mesin Diesel

Mesin/motor diesel (*diesel engine*) merupakan salah satu bentuk motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) di samping motor bensin dan turbin gas. Motor diesel disebut dengan motor penyalan kompresi (*compression ignition engine*) karena penyalan bahan bakarnya diakibatkan oleh suhu kompresi udara dalam ruang bakar. Di lain pihak motor bensin disebut motor penyalan busi (*spark ignition engine*) karena penyalan bahan bakar diakibatkan oleh percikan bunga api listrik dari busi.

Cara pembakaran dan pengatomisasian (*atomizing*) bahan bakar pada motor diesel tidak sama dengan motor bensin. Pada motor bensin campuran bahan bakar dan udara melalui karburator dimasukkan ke dalam silinder dan dibakar oleh nyala listrik dari busi. Pada motor diesel yang diisap oleh torak dan dimasukkan ke dalam ruang bakar hanya udara, yang selanjutnya udara tersebut dikompresikan sampai mencapai suhu dan tekanan yang tinggi. Beberapa saat sebelum torak mencapai titik mati atas (TMA) bahan bakar solar diinjeksikan ke dalam ruang

bakar. Dengan suhu dan tekanan udara dalam silinder yang cukup tinggi maka partikel- partikel bahan bakar akan menyala dengan sendirinya sehingga membentuk proses pembakaran. Agar bahan bakar solar dapat terbakar sendiri, maka diperlukan rasio kompresi 15 – 22 dan suhu udara kompresi kira-kira 500 – 700°C .

Meskipun untuk motor diesel tidak diperlukan sistem pengapian seperti halnya pada motor bensin, namun dalam motor diesel diperlukan sistem injeksi bahan bakar yang berupa pompa injeksi (*injection pump*) dan pengabut (*injector*) serta perlengkapan bantu lain. Bahan bakar yang disemprotkan harus mempunyai sifat dapat terbakar sendiri (*self ignition*). Sistem ruang bakar mesin diesel secara sederhana



Gambar 2.1 Sistem ruang bakar motor diesel

Tabel 2.1 Sistem ruang bakar motor diesel

Item	Relatif kompleks
Rasio kompresi	15 ~ 22
Starting	Membutuhkan alat pemanas
Maksimum (rpm)	Sekitar 4.000
Nozzle Injeksi	Tipe pin
Tekanan pembukaan nozzle (Kg/cm ²)	50 ~ 80
Pengaruh sistem injeksi ruang bakar	Jarang terpengaruh

2.2 Perbedaan Utama Mesin Diesel dan Mesin Bensin

Motor diesel dan motor bensin

mempunyai beberapa perbedaan utama, bila ditinjau dari beberapa item di bawah ini,

Tabel 2.2 Perbedaan Utama Motor Diesel dan Motor Bensin.

Item	Motor Diesel	Motor Bensin
Siklus Pembakaran	Siklus Diesel	Siklus Otto
Rasio Kompresi	15 – 22	6 – 12
Ruang Bakar	Rumit	Sederhana
Pencampuran Bahan Bakar	Diinjeksikan Pada Akhir Langkah	Dicampur Dalam Karburator
Metode Penyalaan	Terbakar Sendiri	Percikan Busi
Bahan Bakar	Solar	Bensin
Getaran Suara	Besar	Kecil
Efisiensi Panas (%)	30– 40	22– 30

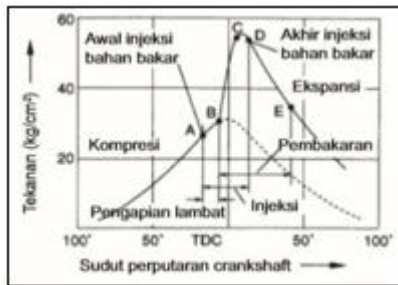
Motor diesel juga mempunyai keuntungan dibanding motor bensin, yaitu:

- Pemakaian bahan bakar lebih hemat, karena efisiensi panas lebih baik, biaya operasi lebih hemat karena solar lebih murah.
- Daya tahan lebih lama dan gangguan lebih sedikit, karena tidak menggunakan sistem pengapian.
- Jenis bahan bakar yang digunakan lebih banyak.
- Operasi lebih mudah dan cocok untuk kendaraan besar, karena variasi momen yang terjadi pada perubahan tingkat kecepatan lebih kecil.
- Di samping itu motor diesel memiliki kerugian, yaitu:
 - Suara dan getaran yang timbul lebih besar (hampir 2 kali) daripada motor bensin. Hal ini disebabkan tekanan yang sangat tinggi (hampir 60 kg/cm²) pada saat pembakaran.
 - Bobot per satuan daya dan biaya produksi lebih besar, karena bahan dan konstruksi lebih rumit untuk rasio kompresi yang tinggi.
 - Pembuatan pompa injeksi lebih teliti sehingga perawatan lebih sulit.
 - Memerlukan kapasitas baterai dan motor starter yang besar agar dapat memutar poros engkol dengan

kompresi yang tinggi.

2.3 Proses Pembakaran Mesin Diesel

Proses pembakaran dibagi menjadi 4 periode



Gambar 2.2 Proses Pembakaran Motor Diesel

- 1) Periode 1: Waktu pembakaran tertunda (*ignition delay*) (A-B). Pada periode ini disebut fase persiapan pembakaran,
- 2) Periode 2: Perambatan api (B-C) Pada periode 2 ini campuran bahan bakar dan udara tersebut akan terbakar di beberapa tempat.
- 3) Periode 3: Pembakaran langsung (C-D) Akibat nyala api dalam silinder, maka bahan bakar yang diinjeksikan langsung terbakar.
- 4) Periode 4: Pembakaran lanjut (D-E) Injeksi berakhir di titik D, tetapi bahan bakar belum terbakar semua. Jadi walaupun injeksi telah berakhir, pembakaran masih tetap berlangsung. Bila pembakaran lanjut terlalu lama, temperatur gas buang akan tinggi menyebabkan efisiensi panas turun.

2.4 Garis Besar Sistem Injeksi Bahan Bakar Mesin Diesel

Sistem injeksi bahan bakar terdiri dari pompa injeksi bahan bakar, nozzle injeksi, filter bahan bakar dan tangki bahan bakar. Bahan bakar yang dihisap oleh feed pump dari tangki difilter oleh filter bahan bakar dan dialirkan ke pompa injeksi.

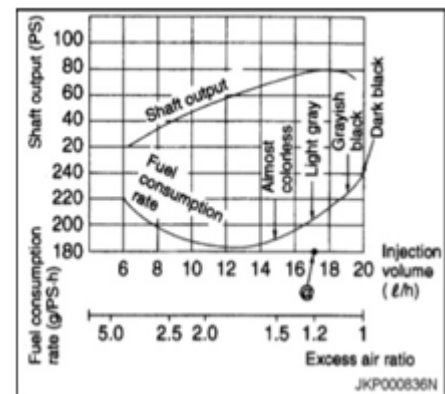
Bahan bakar yang dialirkan ke pompa injeksi akan diberikan tekanan tinggi dan dialirkan melalui pipa besi injeksi ke nozzle, kemudian bahan bakar disemprotkan ke ruang bahan bakar dalam keadaan terurai. Sebagian bahan

bakar yang dialirkan ke nozzle akan melumasi bagian nozzle yang bergerak dan kembali ke tangki melalui pipa overflow.

Untuk mencegah bahan bakar yang dialirkan ke pompa injeksi kelebihan tekanan, dipasanglah ketup overflow pada filter bahan bakar atau dipompa injeksi. Jika tekanan dari feed pump melebihi ketentuan, ketup overflow akan membuka untuk mengalirkan kelebihan bahan bakar kembali ke tangki melalui pipa overflow.

2.5 Pengaturan Volume Injeksi

- a) Gambar 2.3 menunjukkan percobaan untuk memonitor output mesin diesel dan konsumsi bahan bakar ketika volume injeksi berubah, saat kecepatan mesin dan timing injeksi tetap. Grafik ini menunjukkan bahwa jumlah injeksi yang menghasilkan output maksimum pada @ (sekitar 17.6 I/h), dan output akan berubah jika jumlah ini bertambah atau berkurang.
- b) Mempertimbangkan berbagai kondisi pengoperasian mesin pada kecepatan tertentu, ada saat di mana diperlukan output maksimum, dan dilain waktu seperempat atau setengah output maksimum sudah mencukupi. Output mesin dikendalikan dengan menambah dan mengurangi volume injeksi bahan bakar.



Gambar 2.3 Batas keluaran mesin diesel Rumus hubungan antar volume injeksi dan output ditunjukkan sebagai

berikut.

$$PS = \frac{Q \times i \times N \times 60 \times r \times N}{Be \times 10^3} \dots\dots(2-1)$$

PS = Keluaran Shaft (PS)

Q = Volume Injeksi ($mm^3/st, cyl$)

i = Koefisien (4 - putaran mesini=1/2)
(2 - putaran mesin i=1)

N = Nomor Putaran Mesin

r = Berat Jenis Bahan Bakar NE =
Kecepatan Mesin (rpm)

Be = Nilai Pemberian Bahan Bakar
(g/PS.h)

Pada formula di atas, menunjukkan pada mesin dan bahan bakar, “i” , “N” dan “r” akan tetap terlepas dari kondisi mesin, jika kecepatan masih tetap, output mesin akan kurang lebih proporsional dengan volume injeksi. Oleh karena itu, meningkatkan volume injeksi akan meningkatkan output, tetapi di atas titik @ pada gambar 2.3, mesin akan mengeluarkan asap hitam, dan output akan berkurang. Hal ini dikarenakan rasio bahan bakar terhadap udara meningkat, dan kurangnya oksigen menimbulkan pembakaran yang tidak sempurna.

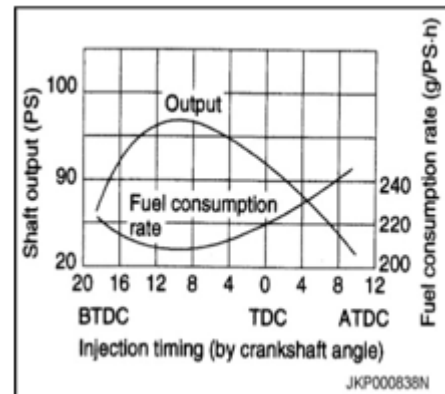
Oleh karena itu, dalam kondisi apapun, volume injeksi bahan bakar harus pada level di mana mesin tidak akan menghasilkan asap hitam. Batas ini disebut “smoke limit”. Pompa injeksi bahan bakar di desain sehingga volume injeksi tidak akan melampaui smoke limit. Walaupun pada mesin yang sama, smoke limit bervariasi karena jumlah udara dan pusaran yang dihasilkan selama kompresi berfluktuasi sesuai kecepatan mesin.

2.6 Pengaturan Timing Injeksi

- Walaupun bahan bakar dan volume injeksi sudah benar, penting sekali untuk mengalirkan bahan bakar ke ruang bakar pada waktu dan dandangurasi yang tepat (waktu sejak awal hingga akhir injeksi). Timing injeksi serupa dengan timing ignition pada mesin bensin. Untuk mendapatkan pembakaran terbaik,

timing ideal dibatasi pada titik sekitar sebelum titik mati atas pada langkah kompresi.

- Gambar 2.4 menunjukkan contoh eksperimen bagaimana performam mesin diesel berubah-ubah ketika timing injeksi di rubah saat volumeinjeksi dan kecepatan masih tetap. Pada keadaan ini, timing injeksi mendapat output maksimum pada sekitar 10° BTDC. Output akan berkurang jika timing lebih cepatatau lebih lambat.



Gambar 2.4 Pengaruh waktu injeksi pada performance mesin

2.7 Fungsi Sistem Injeksi Bahan Bakar

Berdasarkan pengertian sistem injeksi bahan bakar pada mesin diesel diatas, maka fungsi sistem injeksi bahan bakar mesin diesel yaitu:

- Menyimpan bahan bakar.
- Menyaring bahan bakar.
- Memompa atau menginjeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar silinder mesin.
- Mengabutkan bahan bakar ke dalam ruang bakar silinder mesin.
- Memajukan saat penginjeksian bahanbakar.
- Mengatur kecepatan mesin sesuai dengan bebannya melalui pengaturanpenyaluran bahan bakar.
- Mengembalikan kelebihan bahan bakar ke dalam tangki bahan bakar.

2.8 Syarat Sistem Injeksi Bahan Bakar Mesin Diesel

Sistem injeksi bahan bakar mesin

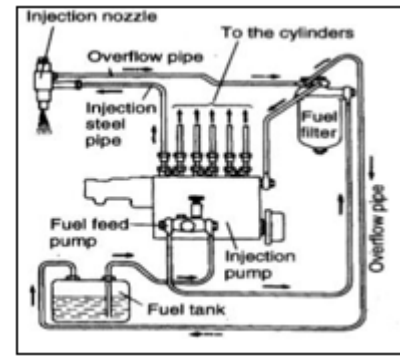
diesel harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- Memberikan sejumlah tertentu bahan bakar. Sistem injeksi bahan bakar harus setiap saat tertentu memberikan sejumlah tertentu bahan bakar ke tiap-tiap silinder mesin diesel.
- 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 terlalulambat selama langkah usaha menyebabkan terjadinya kerugian tenaga.
- 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.
- 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.

2.9 Jenis Pompa Injeksi Bahan Bakar

- Pompa Injeksi Sebaris (*Inline Fuel Injection Pump*) Pompa injeksi tipe in-line, mempunyai jumlah mekanisme kompresi bahan bakar yang sama dengan jumlah silinder, pompa injeksi sebaris bekerja sesuai dengan urutan injeksi yang ditentukan camshaft. Sistem injeksi bahan bakar yang menggunakan pompa injeksi sebaris dapat dilihat

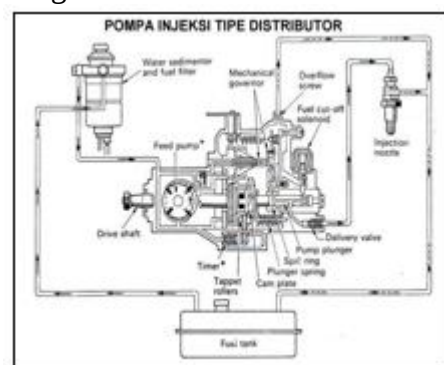
pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Sistem Injeksi Bahan Bakar Dengan Pompa Injeksi Sebaris (Inline)

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

- Pompa Injeksi Tipe Distributor (pompa VE) Pada pompa injeksi distributor, walaupun hanya mempunyai satu mekanisme kompresi bahan bakar, distributor pompa injeksi memiliki mekanisme distribusi bahan bakar yang akan mendistribusikan bahan bakar bertekanan ke tiap silinder sesuai dengan urutan injeksi. dilihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6 Sistem Injeksi Bahan Bakar Dengan Pompa Injeksi Distributor

Pompa injeksi sebaris pada umumnya digunakan untuk mesin diesel bertenaga besar dengan ruang bakar langsung dan penyemrotan langsung (*direct injection*), sedangkan pompa injeksi distributor

banyak digunakan untuk mesin diesel bertenaga menengah dan kecil dengan ruang bakar tambahan.

Berdasarkan gambar 2.5 dan 2.6 di atas maka secara umum komponen-komponen injeksi bahan bakar mesin diesel adalah:

- a) Tangki bahan bakar (*fuel tank*)
- b) Filter bahan bakar (*fuel filter*)
- c) Pompa pemindah bahan bakar (*fuel transfer pump*)
- d) Pompa injeksi bahan bakar (*fuel injection pump*)
- e) Pipa-pipa injeksi bahan bakar (*fuel injection lines*)
- f) Injektor (*fuel injector*)
- g) Pipa-pipa pengembali bahan bakar (*fuel return lines*)

Di samping komponen-komponen utama di atas, komponen sistem injeksi tambahan yang lain adalah:

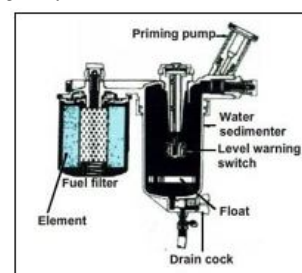
- a) Pengatur kecepatan (*governor*) Saat kendaraan bekerja, ia membutuhkan tenaga yang dapat mengakomodasi berbagai kondisi beban. Fungsi dari governor adalah secara otomatis mengatur proporsi volume bahan bakar terhadap fluktuasi beban. Volume bahan bakar yang di injeksikan diatur dengan merubah posisi dari rack control, bahkan gerakan yang sedikit saja dari rack control akan menghasilkan perubahan pada output mesin. Karena volume injeksi kecil pada pengoperasian tanpa beban, kendaraan bereaksi bahkan terhadap gerakan kecil pada rack control, yang menyebabkan sulitnya pengendalian yang stabil. Untuk itu, untuk membuat kendaraan merubah kecepatannya sesuai dengan keinginan pengemudi, digunakan governor dengan fungsi sebagai berikut :

1. Dapat menjaga kecepatan yang konstan pada kondisi beban
2. Dapat merubah kecepatan sesuai dengan keinginan pengemudi
3. Dapat menjaga mesin dalam kondisi idle
4. Dapat menjaga mesin kelebihan putaran

- b) Pengatur untuk memajukan saat injeksi otomatis (*advancer/automatic timer*). Komponen-komponen tersebut di atas terangkai menjadi satu kesatuan dan saling berhubungan dan saling membantu dalam rangka penginjeksian bahan bakar ke dalam silinder mesin dengan saat yang tepat dengan jumlah yang tepat pula.

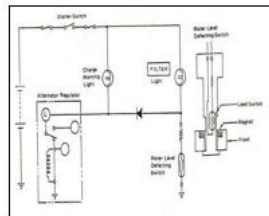
- c) Tangki Bahan Bakar (*Fuel Tank*) Tangki bahan bakar berfungsi menyimpan atau menampung bahan bakar. Tangki bahan bakar dibuat dengan berbagai ukuran dan tiap ukuran serta bentuk tangki tersebut dirancang untuk maksud persyaratan tertentu. Tangki bahan bakar harus tertutup untuk mencegah masuknya kotoran, namun demikian harus mempunyai lubang pernafasan (*ventilation*) dan untuk lubang pengisian bahan bakar sebagai pengganti bahan bakar yang telah dipakai. Dengan demikian paling tidak harus ada tiga buah lubang, yaitu untuk mengisi, mengalirkan keluar dan lubang untuk mengeringkan (*draining*). Kadang kala terdapat lubang untuk saluran kebocoran bahan bakar (*fuel overflow/fuel leak-off*).

- d) Saringan Bahan Bakar (*Fuel Filter*) Penyaringan bahan bakar mesin diesel sangat penting karena bahan bakar diesel cenderung tidak bersih baik dari kotoran partikel atau dari air, sedangkan elemen pompa injeksi dan injector dibuat presisi. Untuk memisahkan air dari bahan bakar digunakan juga water sedimenter yang bekerja atas sifat gravitasi air sendiri yang lebih besar dari pada bahan bakarnya. Seperti pada Gambar 2.7

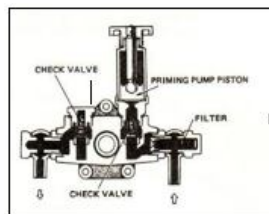


Gambar 2.7 Saringan Bahan Bakar dan Sedimenter

Bila air sampai masuk ke dalam elemen pompa maka dapat menyebabkan kerusakan pada elemen pompa karena korosi dan pengabutan menjadi terganggu. Untuk mengetahui bahwa air yang berada dalam sedimenter telah banyak maka diketahui dari sistem lampu peringatan yang sirkit kelistrikannya dapat dilihat pada gambar 2.8



Gambar 2.8 Rangkaian Kelistrikan Sedimenter



Gambar 2.9 Pompa Pemindah Untuk Pompa Injeksi Sebaris

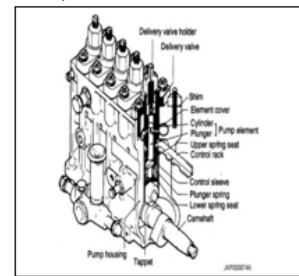
Bila volume air dalam sedimenter telah cukup banyak (200cc) maka pelampung akan menghubungkan *water switch* (*lead switch*) dengan masa. Akibatnya arus listrik akan mengalir dari baterai ke lampu *filter* terus ke masa, akibatnya lampu *filter* akan menyala untuk memberi peringatan kepada pengendara bahwa air yang berada pada sedimenter perlu segera dikeluarkan.

- e) Pompa Pemindah Bahan Bakar (*Fuel Transfer Pump / Feed Pump*) Pompa pemindah bahan bakar ini berfungsi untuk mengisap bahan bakar dari tangki dan menekan bakar melalui saringan bahan bakar ke ruang pompa injeksi. Pompa pemindah untuk pompa injeksi sebaris adalah model pompa kerja tunggal (*single acting*) dipasang pada sisi pompa injeksi dan digerakkan oleh poros nok pompa injeksi. Pompa pemindah ini dilengkapi dengan pompa tangan untuk membuang udara yang terdapat pada aliran bahan bakar

sebelum mesin dihidupkan. Bahan bakar di dalam pompa injeksi selamanya harus cukup, untuk itu perlu pengiriman bahan bakar ke pompa injeksi dengan tekanan tertentu. Bila tekanan rendah di bawah spesifikasi, elemen pompa tidak mampu memberikan bahan bakar yang cukup pada kecepatan tinggi. Oleh karena itu, tekanan pengisian harus di atas 1,8–2,2 kg/cm² (2,56–3,11 psi).

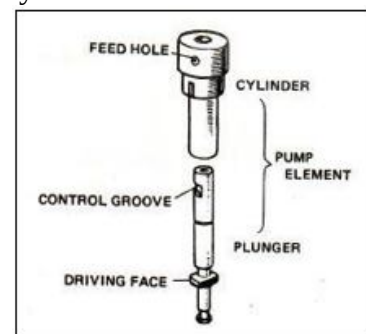
- f) Pompa Injeksi Bahan Bakar (*Fuel Injection Pump*)

Pompa injeksi bahan bakar berfungsi untuk menekan bahan bakar dengan tekanan yang cukup melalui kerja elemen pompa. Seperti telah diuraikan di atas bahwa pompa injeksi bahan bakar berupa pompa injeksi sebaris (Gambar 2.10).



Gambar 2.10 Pompa Injeksi Tipe Inline/ Sebaris

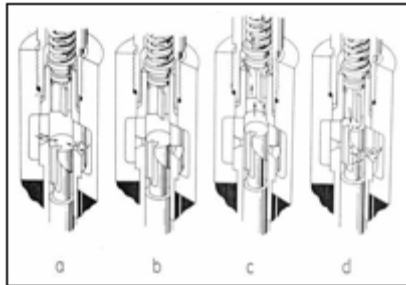
Pompa injeksi sebaris banyak digunakan untuk mesin diesel yang bertenaga besar, karena pompa injeksi ini mempunyai kelebihan bahwa tiap elemen pompa melayani satu silinder mesin.



Gambar 2.11 Elemen Pompa Injeksi Sebaris

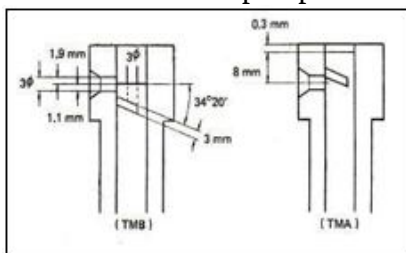
Gambar 2.11 menunjukkan elemen pompa yang terdiri dari plunyer (*plunger*) dan silinder (*barrel*) yang keduanya sangat presisi, sehingga celah antara plunyer dan silindernya

sekitar 1/1000 mm. Ketelitian ini cukup baik untuk menahan tekanan tinggi saat injeksi, walaupun pada putaran rendah. Sebuah alur diagonal yang disebut alur pengontrol (*control groove*), adalah bagian dari plunyer yang dipotong pada bagian atas. Alur ini berhubungan dengan bagian atas plunyer oleh sebuah lubang. Bahan bakar yang dikirimkan oleh pompa pemindah masuk ke pompa injeksi dengan tekanan rendah. Plunyer bergerak turun naik dengan putaran poros nok pompa injeksi. Pada gambar 2.12 adalah cara kerja cara kerja elemen pompa sebaris.



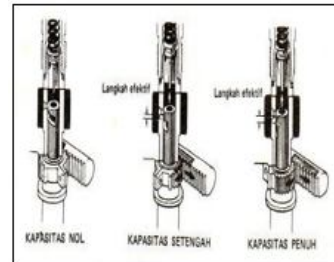
Gambar 2.12 Cara kerja elemen pompa sebaris.

Ukuran elemen pompa dapat dilihat pada gambar 2.13. Tinggi pengangkatan nok adalah 8 mm, sehingga gerakan plunyer naik turun juga sebesar 8 mm. Pada saat *plunyer* pada posisi terbawah, *plunyer* menutup lubang masuk kira-kira 1,1 mm dari besar diameter lubang masuk sebesar 3 mm. Dengan demikian plunyer baru akan menekan setelah bergerak ke atas kira-kira 1,9 mm. Langkah ini disebut "*prestroke*" dan pengaturannya dapat dilakukan dengan menyetel baut pada *tappet roller*. *Prestroke* ini berkaitan dengan saat injeksi (*injection timing*) bahan bakar keluar pompa.



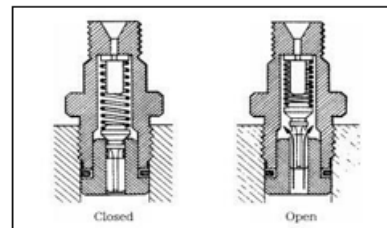
Gambar 2.13 Ukuran pada elemen pompa

Jumlah pengiriman bahan bakar dari pompa diatur oleh governor sesuai dengan kebutuhan mesin. Governor mengatur gerakan *control rack* yang berkaitan dengan *control pinion* yang diikatkan pada *control sleeve*. *Control sleeve* ini berputar bebas terhadap silinder. Bagian bawah plunyer (*flens*) berkaitan dengan bagian bawah *control sleeve*. Jumlah bahan bakar yang dikirim tergantung pada posisi plunyer dan perubahan besarnya langkah efektif



Gambar 2.14 Pengontrolan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan.

Penekanan bahan bakar dari elemen pompa ke injektor diatur oleh katup pompa ke injektor diatur oleh katup penyalur (*delivery valve*). Katup penyalur ini berfungsi ganda, yaitu selain mencegah bahan bakar dalam pipa tekanan tinggi mengalir kembali ke plunyer juga berfungsi mengisap bahan bakar dari ruang injektor setelah penyemprotan (Gambar 2.15).



Gambar 2.15 Katup penyalur (Delivery Valve)

Dengan demikian katup penyalur pada pompa injeksi ini menjamin injektor akan menutup dengan cepat pada saat akhir injeksi, karena untuk mencegah bahan bakar menetes yang dapat menyebabkan pembakaran awal (*pre-ignition*) selama siklus pembakaran berikutnya.

2.10 Injektor Bahan Bakar (*Fuel Injector*)

Injektor bahan bakar kadangkala

disebut juga dengan pengabut atau ada yang menyebut dengan nosel (*nozzle*). Disebut injector karena tugas dari komponen ini adalah menginjeksi, dan disebut pengabut karena bahan bakar keluar dari komponen ini dalam bentuk kabut, sedangkan disebut nosel karena ujung komponen ini luas penampangnya makin mengecil.

Secara garis besar nosel injeksi dapat diklasifikasikan ke dalam 2 tipe yaitu:

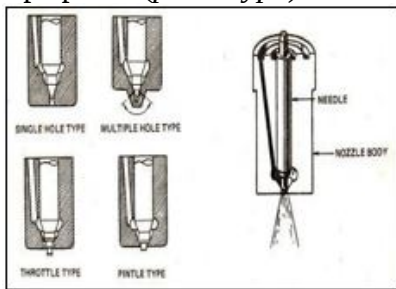
- 1) tipe lubang (*hole type*), dan
- 2) tipe pin (*pin type*)

Tipe lubang terdapat dalam 2 jenis yaitu: (Gambar 2.16)

- (a) lubang satu (*single hole type*) dan.
- (b) lubang banyak (*multiple hole type*).

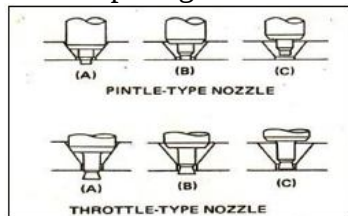
Tipe pin terdapat dalam 2 jenis yaitu:

- (a) tipe throttle (*throttle type*), dan
- (b) tipe pintle (*pintle type*)



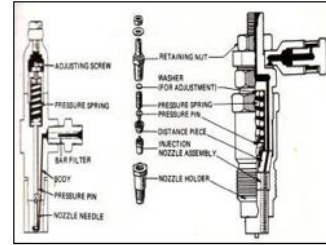
Gambar 2.16 Konstruksi dan Tipe Nozzle

Tipe nosel injeksi sangat menentukan bagi proses pembakaran dan bentuk ruang bakar. Kebanyakan nosel injeksi model pin adalah yang berjenis *throttle* yang pada saat permulaan injeksi jumlah bahan bakar yang ditekan ke dalam ruang bakar hanya sedikit, tetapi pada akhir injeksi jumlah bahan bakar semakin banyak. Kerja nosel injeksi tipe pin dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Kerja Nozzle Tipe Pin
Nosel injeksi ditempatkan pada mesin diesel dengan pemegang nosel (*nozzle holder*) yang dapat menentukan jumlah bahan bakar dan mengatur tekanan

injeksi. Pada gambar 2.18 ditunjukkan konstruksi nosel injeksi. Jarum nosel ditahan oleh pena tekanan (*pressure pin*) dan pegas tekan (*pressure spring*) yang dapat diatur oleh sekrup penyetel (*adjusting screw*) sehingga membukanya nosel injeksi dapat diatur.



Gambar 2.18 Konstruksi Nozzle Injeksi

3. METODOLOGI KALIBRASI

3.1 Prosedur Pengukuran

Untuk melakukan kalibrasi pompa injeksi di perlukan mesin yang di sebut Test Bench atau dikenal dengan mesin kalibrasi pompa injeksi. Pelaksanaan kalibrasi dilakukan di PT. Denso Sales Indonesia, Sunter. Mesin kalibrasi yang digunakan pada PT. Denso Sales Indonesia bermerek CPS21 dengan counter kalibrasi digital dan pengukur yang digital membuat hasil pengukuran lebih akurat.

Kalibrasi ini dilakukan dengan cara pengukuran awal volume bahan bakar, kemudian penyetelan ke standar pabrik, kemudian pengukuran volume bahan bakar kembali setelah penyetelan.

3.2 Spesifikasi Pompa Injeksi

Tipe Pompa Injeksi : Inline / Sebaris

ID Pump : JO8EUF 22010-EW021

Spesifikasi Mesin Model : JO8EUF

Model Tipe : 4 Stroke

engine, Turbocharge, Intercooler

Tenaga Maksimum : 260 PS /

2500 rpm Daya Maksimum : 76

Kg.m / 1500 rpm Jumlah silinder

: 6

Diameter x langkah piston : 112 mm x 130 mm

Isi silinder : 7.684 cc

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada kalibrasi pompa injeksi

sebaris, antara lain sebagai berikut :

a. Pompa Injeksi Sebaris



Gambar 3.1 Pompa injeksi tipe sebaris

Pada kalibrasi kali ini menggunakan pompa injeksi tipe inline atau sebaris (lihat gambar 3.3), yang mana nantinya akan dilakukan pengukuran awal jumlah konsumsi bahan bakar sebelum disetel, kemudian penyetelan jumlah konsumsi bahan bakar sesuai standarnya dan terakhir pengukuran volume bahan bakar kembali untuk memastikan jumlah bahan bakar yang dikeluarkan tiap elemen pompa sama

b. Mesin Test Bench



Gambar 3.2 Mesin Test Bench

Mesin Test Bench ini digunakan untuk mengetahui jumlah konsumsi bahan bakar setiap elemen pompa (plunger) pompa injeksi. Sedangkan untuk penyetelan dilakukan pada pompa injeksi.

c. Counter Kalibrasi



Gambar 3.3 Counter Kalibrasi

Counter kalibrasi ini berfungsi sebagai parameter ukur dalam kalibrasi pompa injeksi. Counter

kalibrasi terdiri dari rpm, putaran dan temperatur.

d. Persiapan Sebelum Melakukan Kalibrasi Langkah – langkah yang harus dipersiapkan sebelum melakukan kalibrasi pompa injeksi sebaris adalah sebagai berikut :

- 1) Persiapkan kunci – kunci yang dibutuhkan untuk proses kalibrasi agar lebih mudah dalam pengerjaannya.
- 2) Bersihkan pompa injeksi sebelum di pasang pada mesin test bench.
- 3) Cek kelengkapan pendukung mesin test bench, seperti dudukan untuk pompa injeksi, kopel, baut nipel untuk selang masuk beserta ringnya dan juga cek bahan bakar pada mesin test bench.

e. Proses Kalibrasi Pompa Injeksi Sebaris Setelah pompa injeksi bersih dan semua perlengkapan untuk kalibrasi sudah siap, maka proses kalibrasi bisa dimulai dengan tahap – tahap sebagai berikut :

- 1) Pasang pompa injeksi pada dudukan pompa injeksi dengan benar, pastikan pemasangan dengan rata agar saat mesin menyala, pompa injeksi bisa tetap stabil atau tidak goyang selama proses kalibrasi.
- 2) Pasang kopel pada ujung poros camshaft pompa injeksi dan pasang juga mur gear pompa injeksi untuk mengunci kopel.
- 3) Dorong pompa injeksi ke depan sampai ujung kopel bertemu dengan flywheel, kemudian kencangkan baut L pengunci flywheel dan kopel. Kencangkan juga baut pengunci dudukan pompa injeksi agar saat mesin test bench beroperasi pompa injeksi tidak goyang dan tetap stabil.
- 4) Pasang selang masuk bahan

bakar pada pompa injeksi dan kencangkan baut nipel menggunakan kunci pas 17.

- 5) Kemudian nyalakan saklar on untuk motor listrik mesin test bench.
- 6) Nyalakan saklar on untuk mengalirkan bahan bakar dari tangkike pompa injeksi.
- 7) Kemudian lakukan proses bleeding atau membuang angin pada pompa injeksi, dengan cara membuka sedikit baut buang angin secara perlahan dan biarkan solar keluar sampai solar tidak berbusa lagi, lalu kencangkan baut buang angin.
- 8) Perlu diperhatikan jenis pompa injeksi sebaris yang digunakan ini tidak memakai saluran pengembali bahan bakar, jadi dalam proses buang diusahakan jangan terlalu lama karena akan membahayakan pompa injeksi atau selang yang bisa pecah.
- 9) Setelah buang angin selesai, putar pengatur rpm sedikit saja biarkan mesin test bench berputar dengan pelan dan jangan pasang terlebih dahulu pipa tekanan tinggi untuk melihat apakah solar keluar dari holder. Bila solar yang keluar dari holder bertekanan (muncrat ke atas) berarti tandanya baik, namun bila solar yang keluar dari holder tidak muncrat ke atas atau luber berarti ada masalah pada holder, bisa dari pemasangan holder yang terlalu kencang atau holder mengalami kerusakan. Bila terjadi masalah tersebut, kendorkan holder sedikit dan kencangkan kembali sesuai standar.
- 10) Kemudian hentikan putaran mesin test bench dan pasang pipa tekanan tinggi dengan benar.
- 11) Setelah semua pipa terpasang,

putar pengatur rpm dan set pada rpm 1250 (putaran tinggi) untuk mengetes apakah solar dapat keluar di nozzle. Bila semua elemen pompa bekerja dengan baik, ukur jumlah solar pada rpm 1250 dengan stroke 200 dan hasil yang seharusnya di dapat adalah 35,4 (+/-) 0,2 cc dan harus sama rata setiap elemen pompa injeksi.

- 12) Kemudian lakukan pengukuran volume bahan bakar pada rpm 275 (idle) dengan stroke 500 dan rack 8,6mm (+/-) 0,1 mm. Nilai rack ini dibaca pada mistar atau jangka sorong.
- 13) Tes jumlah minyak pada rpm 275 (idle) dengan stroke 500 dan rack 8,6 mm (+/-) 0,1 mm, hasilnya harus 4,5 cc dan sama rata setiap elemen pompa injeksi.
- 14) Bila hasilnya tidak rata, lakukan penyetelan dengan cara kendorkan sekrup klem plunger atau sekrup pinion, lalu getok sedikit demi sedikit control sleeve ke kiri atau ke kanan. Untuk pompa injeksi jenis ini penambahan solar diputar ke kiri dan ke kanan untuk mengurangi solar.
- 15) Bila bahan bakar yang dikeluarkan pada rpm 275 dengan stroke 500 sudah rata semua setiap elemen pompa injeksi, lanjutkan dengan mengecek jumlah bahan bakar pada rpm 1250 dengan stroke 200 dan rack 15,7 mm (+/-) 0,2 mm. Hasil yang harus didapat adalah 35,4 (+/-) 0,2 cc.
- 16) Karena pada rpm 275 sudah di setel untuk meratakan jumlah bahan bakar yang dikeluarkan, maka pasti pada rpm tinggi bahan bakar yang dikeluarkan tiap elemen sudah rata.

- 17) Kemudian tes jumlah bahan bakar pada rpm 100 (start) dengan stroke 200 dan rack masih tetap di 11,7 mm(+/-) 0,2 mm . Hasil yang harus di dapat adalah 31 cc.
- 18) Sebelum selesai cek pompa injeksi dari kebocoran – kebocoran dengan kompresor.
- 19) Setelah selesai, hentikan putaran mesin test bench dan matikan saklar suplai bahan bakar serta saklar motorlistrik.
- 20) Lepaskan pipa tekanan tinggi dari pompa injeksi dan lepas juga selang bahan bakar. Dan juga kendorkan juga baut pengunci flywheel dan kopel serta baut pengunci dudukan pompa injeksi.
- 21) Kemudian turunkan pompa injeksi dari mesin test bench, lalu bersihkan kembali menggunakan kompresor dan pasang komponen pendukung pompa injeksi seperti feed pump, tutup cover samping, gear depan atau automatic timer dan cover depan. Kalibrasi pompa injeksi selesai

4. ANALISA DAN HASIL KALIBRASI

Adapun standar volume bahan bakar untuk kalibrasi pompa injeksi menurut PT. Denso Sales Indonesia, yaitu Tabel 4.1 Standar volume bahan bakar menurut PT. Denso Sales Indonesia.

No	Pump Speed (rpm)	Rack Travel(mm)	Counting Stroke	Delivery Quantity (cm ³)
1	100	11,7 mm (+/-) 0,2mm	200	31
2	275	8,6 mm (+/-) 0,1 mm	500	4,5
3	1250	15,7 mm (+/-) 0,2mm	200	35,4(+/-)0,2

1. Data hasil Kalibrasi

Berdasarkan proses kalibrasi yang dijelaskan pada Bab III Sub Bab 3.5, didapat hasil data dalam bentuk tabel dan grafik sebagai berikut :
Data Hasil Kalibrasi PT.

Denso Sales Indonesia

Tekanan bahan bakar masuk : 196 Kpa . Stroke yang digunakan 200

dan 500

a) Data Sebelum Kalibrasi

Tabel 4.2 Hasil sebelum kalibrasi pada rpm1250 stroke 200

No	Elemen Pompa	Rpm	Stroke	Volume (cc)
1	1	1250	200	31,1
2	2			31,2
3	3			32,2
4	4			33,6
5	5			35,2
6	6			34,6

Tabel 4.3 Hasil sebelum kalibrasi pada rpm 275 stroke 500

No	Elemen Pompa	Rpm	Stroke	Volume (cc)
1	1	275	500	2,4
2	2			2,8
3	3			3,6
4	4			4
5	5			4,6
6	6			4,3

Tabel 4.4 Hasil sebelum kalibrasi pada rpm100 stroke 200

NO	Elemen Pompa	Rpm	Stroke	Volume (cc)
1	1	100	200	28
2	2			29
3	3			28,4
4	4			30
5	5			29
6	6			28

a) Data Setelah Kalibrasi

Tabel 4.5 Hasil setelah kalibrasi pada rpm 1250 stroke 200

NO	Elemen Pompa	Rpm	Stroke	Volume (cc)
1	1	1250	200	35,5
2	2			35,5
3	3			35,5
4	4			35,5
5	5			35,5
6	6			35,5

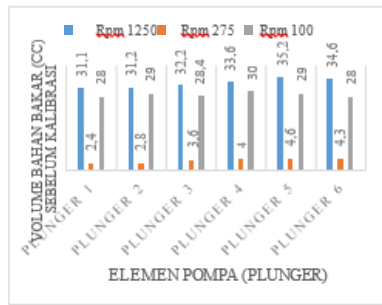
Tabel 4.6 Hasil setelah kalibrasi pada rpm 275 stroke 500

NO	Elemen Pompa	Rpm	Stroke	Volume (cc)
1	1	275	500	4,5
2	2			4,5
3	3			4,5
4	4			4,5
5	5			4,5
6	6			4,5

Tabel 4.7 Hasil setelah kalibrasi pada rpm 100 stroke 200

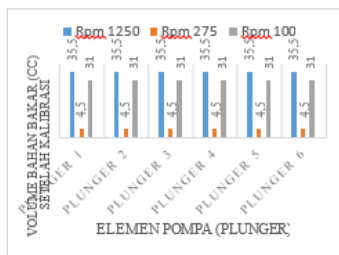
No	Elemen Pompa	Rpm	Stroke	Volume (cc)
1	1	100	200	31
2	2			31
3	3			31
4	4			31
5	5			31
6	6			31

b) Grafik Volume Bahan Bakar Sebelum Kalibrasi



Gambar 4.1 Grafik Volume Bahan Bakar Sebelum Kalibrasi.

Grafik Volume Bahan Bakar Setelah Kalibrasi



Gambar 4.2 Grafik Volume Bahan Bakar Setelah Kalibrasi.

2. Analisa Hasil Kalibrasi

Dari hasil kalibrasi pompa injeksi sebaris menggunakan mesin test bench, sebagaimana diuraikan pada Sub bab 4.1 di atas, maka dapat dianalisa sebagai berikut :

- a) Dari data kalibrasi pada PT. Denso Sales Indonesia menunjukkan, sebelum kalibrasi volume bahan bakar pada setiap elemen pompa tidak rata satu sama lain (*Tabel 4.3*). Pada Rpm 275 (idle) dengan stroke 500 dan rack 8,6 mm (+/-) 0,1 mm, plunger 1 menghasilkan volume bahan bakar 2,4 cc, plunger 2 menghasilkan volume bahan bakar 2,8 cc, plunger 3 menghasilkan volume bahan bakar 3,6 cc, plunger 4 menghasilkan volume bahan bakar 4 cc, plunger 5 menghasilkan volume bahan bakar 4,6 cc, dan plunger 6 menghasilkan volume bahan bakar 4,3 cc. Hal tersebut terjadi karena pemakaian berkalat dari pompa injeksi yang menyebabkan setelan pada elemen pompa berubah dan juga akibat dari

proses pembongkaran pompa injeksi, sehingga bila pompa injeksi dibongkar untuk kepentingan pemeriksaan komponen, setelah pemasangannya pompa injeksi harus dikalibrasi agar volume bahan bakar yang dikeluarkan sama rata dan sesuai standar.

- b) Kemudian hasil pengukuran volume bahan bakar sebelum kalibrasi pada rpm 1250 dengan stroke 200 dan rack 15,7 mm (+/-) 0,2 mm (*Tabel 4.2*), plunger 1 menghasilkan volume bahan bakar 31,1 cc, plunger 2 menghasilkan volume bahan bakar 31,2 cc, plunger 3 menghasilkan volume bahan bakar 32,2 cc, plunger 4 menghasilkan volume bahan bakar 33,6 cc, plunger 5 menghasilkan volume bahan bakar 35,2 cc, dan plunger 6 menghasilkan volume bahan bakar 34,6 cc. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa volume bahan bakar antara plunger satu dengan yang lain tidak rata dan tidak sesuai standar.
- c) Karena volume bahan bakar sebelum kalibrasi tidak rata dan tidak sesuai standar, maka dilakukan penyetelan dengan cara kendorkan sekrup klem plunger atau sekrup pinion, lalu getok sedikit demi sedikit *control sleeve* ke kiri atau ke kanan. Untuk pompa injeksi jenis ini penambahan bahan bakar diputar ke kiri dan ke kanan untuk mengurangi bahan bakar. Penyetelan ini dilakukan pada rpm 275 agar lebih mudah dalam penyetelan karena putaran pompa tidak terlalu kencang.
- d) Setelah Penyetelan dilakukan, ulangi pengukuran volume bahan bakar pada rpm 275, bila masih ditemukan volume bahan bakar yang tidak rata antara satu dengan yang lain maka perlu dilakukan penyetelan kembali.
1. Kemudian hasil volume bahan

bakar setelah kalibrasi. Pada rpm 275 (*Tabel 4.6*) menunjukkan volume bahan bakar yang rata antar plunger satu dengan yang lain, yaitu dengan hasil 4,5 cc setiap elemen pompanya. Sedangkan pada rpm 1250 (*Tabel 4.5*) menunjukkan hasil volume bahan bakar yang sudah rata antara satu dengan yang lain, dengan hasil 35,5 cc setiap elemen pompanya. Dan hasil volume bahan bakar setelah kalibrasi pada rpm 100 (*Tabel 4.7*) juga menunjukkan hasil volume bahan bakar yang sama antara elemenpompa satu dengan yang lain yaitu 31 cc setiap elemen pompa

2. Dari hasil kalibrasi pada PT. Denso Sales Indonesia seperti ditunjukkan pada gambar grafik 4.1 dan 4.2, menunjukkan perubahan dari volume bahan bakar yang semula tidak rata antara satu dengan yang lain menjadi rata satu dengan yang lain. Efek dari tidak ratanya volume bahan bakar (tidak sesuai standar) mengakibatkan mesin vibrasi (goyang), karena bahan bakar yang masuk ke ruang bakar tidak rata.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kalibrasi pompa injeksi sebaris, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Hasil kalibrasi pada PT. Denso Sales Indonesia, volume bahan bakar sebelum kalibrasi pada rpm 275 secara berurutan adalah (2,4cc – 2,8cc – 3,6cc – 4cc – 4,6cc – 4,3cc). Sedangkan pada rpm 1250 hasil volume bahan bakar sebelum kalibrasi secara berurutan adalah (31,1cc– 31,2cc – 32,2cc – 33,6cc – 35,2cc –34,6cc). Hal tersebut terjadi karena pemakaian berkala pompa injeksi, sehingga merubah setelan elemen pompa dan juga

karena proses pembongkaran serta pemasangan pompa injeksi.

- b. Hasil kalibrasi di PT. Denso Sales Indonesia setelah kalibrasi adalah untuk rpm 275 stroke 500 yaitu 4,5 cc, pada rpm 1250 stroke 200 volume bahan bakarnya 35.5 cc dan untuk rpm 100 stroke 200 volume bahan bakarnya 31 cc. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa untuk putaran tinggi hasilnya lebih +1cc dari standar.
- c. Efek bila terlalu sedikit dalam penyetelan volume bahan bakar terhadap mesin adalah tenaga mesin menjadi kurang, susah distart dan performa engine tidak stabil. Sedangkan bila terlalu banyak dalam penyetelan volume bahan bakar efek terhadap mesin adalah asap kendaraan menjadi ngebul, boros bahan bakar dan mesin susah stabil.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alfirnando, Rizki Satria, 2017. *Pengaruh Perbedaan Performa Mesin Diesel Berbahan Bakar Biodiesel Dan Bahan Bakar Solar*. Pekanbaru : UMRI
2. Arifin, Zainal .2013. *Teknologi Motor Diesel/ Sukoco* . Bandung: Alfabeta
3. Astra Toyota . 2015 . *New Step 1 Training Manual* . Jakarta : PT. Toyota Astra Motor Training Center
4. Buntarto, 2016. *Pintar Service Mesin Diesel*.Yogyakarta:PUSTAKABARU PRESS
5. Daryanto, 2015. *Teknik Motor Diesel*. Bandung : Alfabeta
6. Samlawi ,Achmad Kusairi. 2016 . *Teori Dasar Motor Diesel*. Banjarmasin:ULM Press
7. Tim PT Denso Indonesia, 2018. *Buku Service Manual In Line Pumps* .jakarta: PT Denso Indonesia .
8. Wicaksono, Winih, Ari Hidayatullah. 2018. *Buku Praktikum Sistem Bahan Bakar Diesel* Klaten : PT. Saka Mitra Kompetensi.