



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
FAKULTAS TEKNIK

SERTIFIKAT

No. 17/UN34.15/PM/2020

Diberikan kepada

Tafakur, S.Pd. M.Pd.

sebagai

PEMATERI

**PELATIHAN *ADVANCED TECHNOLOGY - DIESEL COMMONRAIL*
DAN PENYIAPAN KONTEN PEMBELAJARAN DARING UNTUK GURU
SMK MUHAMMADIYAH IMOIRI BANTUL**

pada tanggal 17 - 20 Februari 2020



Dekan Fakultas Teknik
Universitas Negeri Yogyakarta

Prof. Herman Dwi Surjono, M.Sc., M.T., Ph.D.

NIP. 19640205 198703 1 001

MATERI PELATIHAN
PELATIHAN TEKNOLOGI COMMONRAIL
EMS pada Sistem Injeksi Common Rail

Disajikan pada:
Pelatihan Advanced Technology-Diesel Commonrail dan Penyiapan Konten
Pembelajaran Daring untuk Guru SMK Muhammadiyah Imogiri Bantul



Disusun Oleh:

Tafakur (NIP. 19890323 201504 1 004)

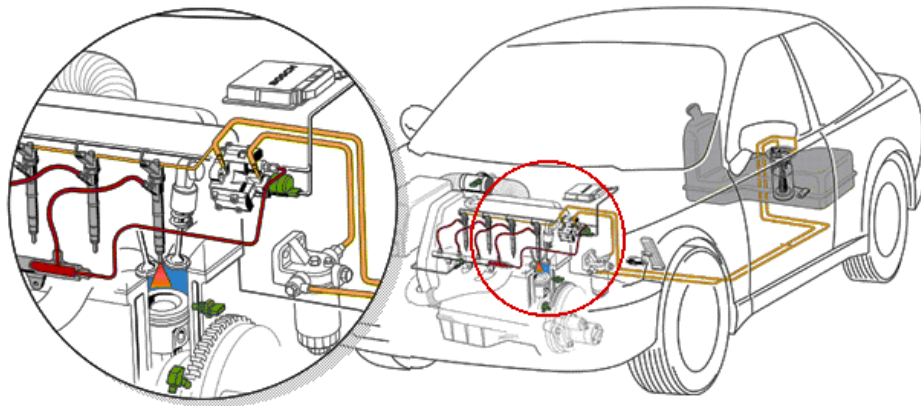
PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMTOIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA
2020

A. Pendahuluan

Kendaraan saat ini selain menuntut kenyamanan dan efisiensi bahan bakar, juga harus memperhatikan dampak emisi gas buang yang dihasilkan. Sebab, mesin kendaraan yang masih menggunakan motor pembakaran selalu menghasilkan emisi gas buang yang dapat merusak lingkungan. Namun tuntutan mobilitas masyarakat, penggunaan motor bakar sebagai penggerak utama kendaraan juga tidak dapat ditinggalkan. Solusi untuk meminimalisir emisi ini adalah pemanfaatan teknologi mesin yang mampu meminimalisir emisi gas buang.

Pada kendaraan dengan motor bensin terutama pada mobil penumpang yang relative kecil, teknologi motor bensin telah dikembangkan agar dapat mencapai performa yang baik, efisiensi bahan bakar yang tinggi, serta emisi gas buang yang rendah. Teknologi yang terkendal adalah sistem injeksi bahan bakar elektronik yang sering disebut sistem EFI. Sistem ini menggunakan teknologi kontrol elektronik yang mampu mengatur timing dan kuantitas injeksi yang tepat agar mampu menghasilkan takaran dan kabutan bahan bakar yang tepat sesuai dengan kebutuhan kerja mesin. Teknologi ini mampu mencapai suplai bahan bakar yang jauh lebih tepat dari pada penggunaan sistem bahan bakar kontrol mekanis dengan karburator. Selain motor bensin, pada motor diesel juga dibutuhkan teknologi yang mampu menghasilkan pemenuhan fungsi sistem bahan bakar secara optimal. Pada diesel konvensional, bahan bakar solar yang diinjeksikan diatur oleh injector dan pompa injeksi secara mekanis. Dengan demikian, pengaturan jumlah, dan timing injeksinya juga diatur secara mekanis. Selain itu, tekanan yang dihasilkan pada sistem bahan bakar diesel yang dikontrol secara mekanis, cenderung relative tidak tinggi, sehingga kabutan yang dihasilkan juga masih dianggap kurang baik (atomisasinya). Padahal kebutuhan sistem bahan bakar selama engine bekerja selalu dinamis, karena dipengaruhi oleh kondisi akseperasi, beban mesin, kecepatan, temperature, dan kondisi lingkungan maupun pengendalian lainnya. Dengan pengaturan secara mekanis, tentu saja hal ini akan sulit, sehingga pengaturan secara mekanis masih memiliki banyak kelemahan.

Kekurangan-kekurangan pada sistem bakar diesel konvensional diupayakan dapat diatasi dengan teknologi kontrol elektronik yang sering disebut dengan teknologi diesel common rail. Skema sistem bahan bakar common rail dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.



Sumber : Bosch, 2002

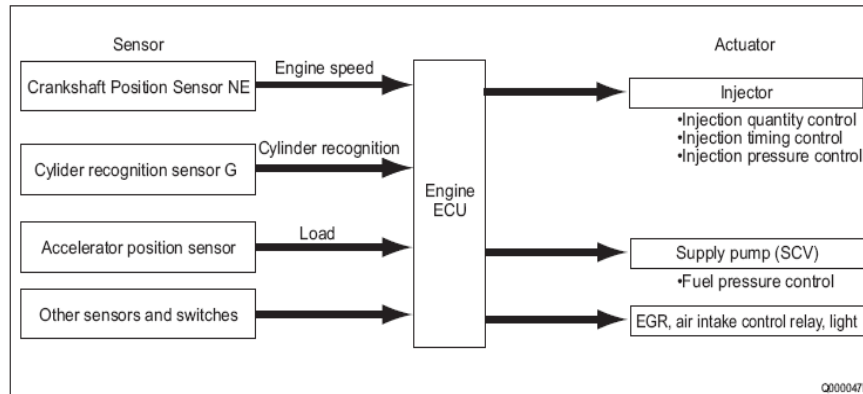
Gambar 1. Konstruksi Sistem injeksi common rail

Teknologi ini mampu menyediakan sistem bahan bakar yang memiliki tekanan bahan bakar yang jauh lebih tinggi, sehingga ketika bahan bakar disemprotkan akan menghasilkan kabutan yang sangat halus. Selain itu, pengaturan timing dan kuantitas injeksi juga diatur secara elektronik. Oleh karena itu, injector yang digunakan pun injector elektronik. Pengaturan injeksi ini dilakukan oleh sistem kontrol (engine management system) yang mendapatkan informasi-informasi dari banyak sensor yang terpasang untuk mengetahui kondisi pengendalian, kondisi mesin, maupun kondisi lingkungan. Hasil informasi ini selanjutnya diolah dan diproses oleh electronic Control Unit (ECU) untuk menentukan tekanan, jumlah, dan timing injeksi sesuai dengan kebutuhan sistem engine dengan akurat. Aktuasi terhadap perintah ECU ini dilakukan oleh aktuator-aktuator sistem manajemen engine pada motor diesel commonrail. Aktuator-aktuator yang digunakan meliputi injector bahan bakar, glow plug, serta pressure reducing valve. Namun, sebelum diterapkan pada aktuator, ECU membutuhkan Electronic Driver Unit (EDU) untuk menguatkan signal dan tegangan kerja sistem kontrol, karena injector bahan bakar pada sistem injeksi commonrail membutuhkan tegangan sumber yang sangat tinggi.

B. EMS pada Sistem Injeksi Common Rail

EMS pada sistem injeksi common rail memiliki sistem yang hampir sama dengan sistem injeksi elektronik pada mesin bensin yang dikenal dengan *Electronic Fuel Injection* (EFI), volume penginjeksian bahan bakar dikontrol secara elektronik. Kerja injektor dalam menginjeksikan bahan bakar diatur oleh sebuah *Electronic Control Unit* (ECU), perangkat pengontrol elektronik ini menerima

beberapa masukan dari sensor-sensor sehingga volume penginjeksian bahan bakar bisa disesuaikan secara tepat berdasarkan berbagai masukan/input yang diterima oleh ECU tersebut.



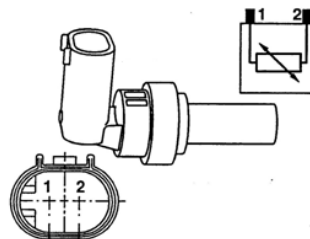
Sumber : Denso Corporation, 2003

Gambar 2. Skema sistem kontrol

1. Sensor pada sistem injeksi common rail

a. *Water Temperature Sensor*

Sensor ini memiliki peran untuk mendeteksi temperatur air pendingin dan mengirimkannya ke kontrol unit. Sensor ini merupakan thermistor yang bersifat NTC (*Negative Temperature Coefficient*) yaitu apabila temperatur air pendingin naik maka tahanannya menjadi turun. Perubahan tahanan pada sensor ini akan merubah tegangan yang melaluinya dan perubahan tegangan inilah yang dijadikan referensi kontrol unit untuk mengetahui berapa suhu air pendingin.



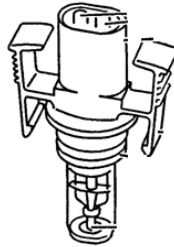
Sumber : Daimler Chrysler, 2000

Gambar 3. Sensor temperatur air pendingin

b. *Intake Air Temperature Sensor*

Sensor ini berperan untuk mengetahui temperatur udara masuk dan mengirimkan informasinya berupa signal ke kontrol unit. Signal yang diterima

digunakan untuk mengkalulasi massa udara yang masuk. Penghitungan dilakukan untuk mengatur volume penginjeksian bahan bakar, mengontrol katup EGR (*Exhaust Gas Recirculation*), dan mematikan EGR sesuai yang di perintahkan oleh kontrol unit.



Sumber : Daimler Crhrysler, 2000

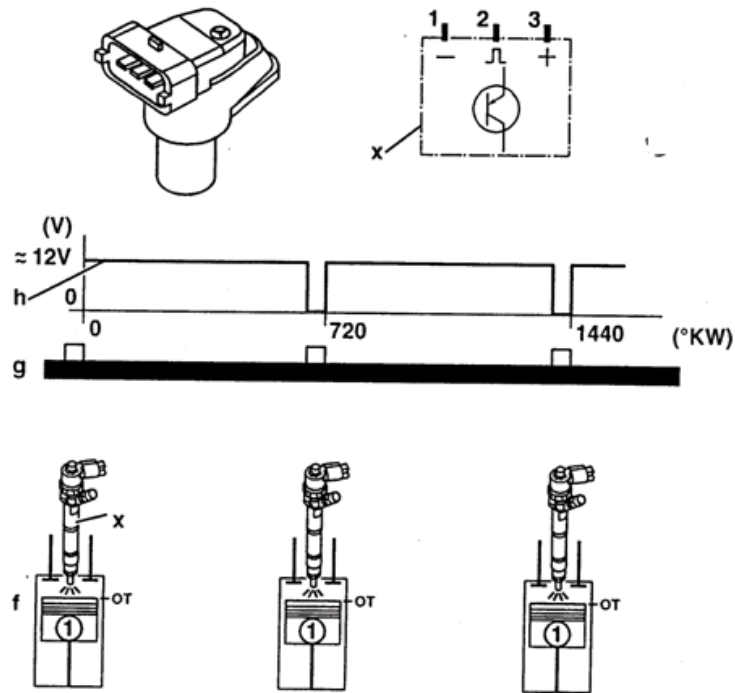
Gambar 4. Sensor temperatur udara masuk

c. Crankshaft sensor (Ne)

Sensor ini berfungsi untuk mengetahui putaran poros engkol dan putaran mesin. Sensor ini menggunakan metode reluktansi magnet dan sebuah piringan reluktor yang dipasang pada *fly wheel*. Sensor poros engkol ini dipasang pada blok silinder. Ketika setiap segmen reluktor melewati kepingan kutup pada sensor, maka akan terjadi induksi elektromagnet yang akan membangkitkan tegangan pada sensor. Penempatan dan konsep kerja sensor ini sama seperti CKP sensor pada motor bensin dengan sistem injeksi elektronik.

d. Cylinder recognition position sensor (G)

ECU mengetahui posisi TDC silinder dari signal yang diberikan oleh cylinder recognition position sensor. Informasi ini digunakan oleh ECU sebagai salah satu pertimbangan untuk menentukan waktu penginjeksian bahan bakar. Prinsip kerja dari cylinder recognition position sensor adalah sensor ini akan mengalirkan atau memutuskan tegangan berdasarkan ada atau tidaknya medan magnet. Jadi pada sensor tersebut telah diberi signal tegangan 11 - 14 V ("*high*") dan saat segment piringan poros nok berhadapan dengan sensor hall poros nok, signal tegangan yang terjadi adalah 0 V (low). Signal 0 V ini digunakan oleh ECU untuk mengetahui TDC pada silinder No. 1.

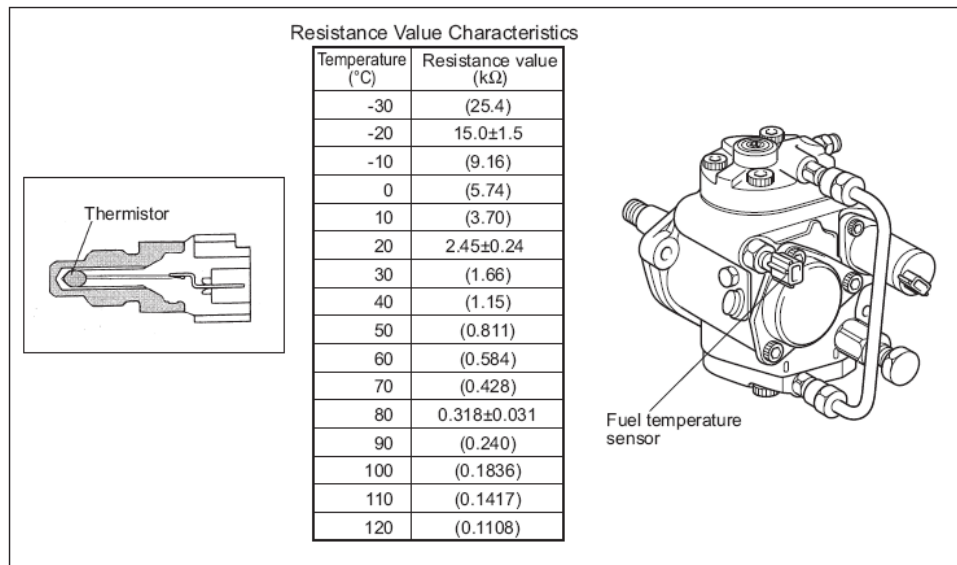


Sumber : Daimler Chrysler, 2000

Gambar 5. Cylinder recognition position sensor

e. Fuel Temperature Sensor

Sensor ini berfungsi untuk memberikan informasi kepada ECU mengenai temperatur bahan bakar. Sensor ini menggunakan termistor NTC, dimana tahanannya akan semakin turun apabila temperatur dari bahan bakar meningkat.



Sumber: Denso Corporation, 2003

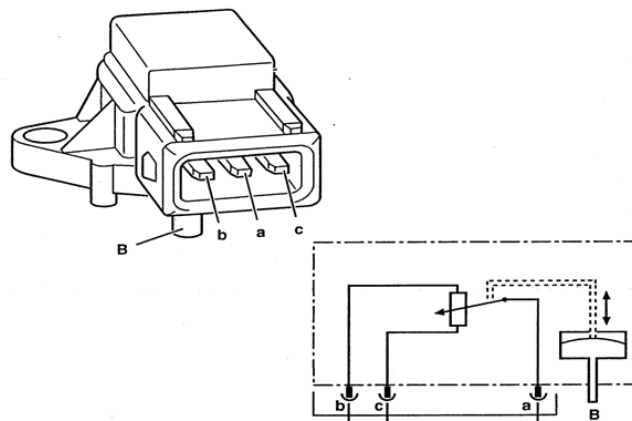
Gambar 6. Fuel Temperature Sensor

f. Accelerator Position Sensor (Sensor Posisi Pedal Gas)

Accelerator position sensor berfungsi untuk memberikan informasi kepada ECU mengenai posisi pedal gas. Tahanan dari sensor ini akan berubah seiring dengan perubahan posisi pedal gas. Hal ini akan menyebabkan tegangan yang melewati sensor tersebut berubah, dan perubahan tegangan inilah yang digunakan ECU untuk menentukan posisi pedal gas.

g. Manifold Absolute Pressure Sensor

Sensor ini terletak pada bagian engine yang dihubungkan dengan slang vacuum ke saluran intake manifold. Bagian ini berperan untuk mendeteksi tekanan intake manifold dan mengirim sinyalnya ke kontrol unit. Apabila tekanan pada intake manifold berubah, maka membran akan merubah nilai tahanan pada piezo resistor pada sensor. Sehingga hal ini akan menyebabkan perubahan tegangan yang melewati sensor tersebut dan perubahan tegangan inilah yang digunakan sebagai referensi kontrol unit untuk menentukan tekanan intake manifold. Informasi ini digunakan oleh kontrol unit sebagai pertimbangan untuk melakukan pembatas jumlah penginjeksian saat beban penuh, pengaturan kerja EGR, menghitung jumlah massa udara yang masuk. Kerja sensor ini mirip dengan kerja MAP sensor pada sistem injeksi elektronik pada motor bensin,



Sumber : Daimler Chrysler, 2000

Gambar 7. Manifold Absolute Pressure Sensor

h. Turbo Pressure Sensor

Sensor ini termasuk dalam sensor tekanan semi konduktor. Sensor ini memiliki sifat tahanannya akan berubah saat terjadi perubahan tekanan. Karena satu sensor digunakan untuk mengukur dua hal yaitu *turbo pressure*

(tekanan intake manifold saat turbocharger atau supercharger aktif) dan tekanan atmosfer maka digunakanlah VSV. Kerja dari sensor ini adalah sebagai berikut:

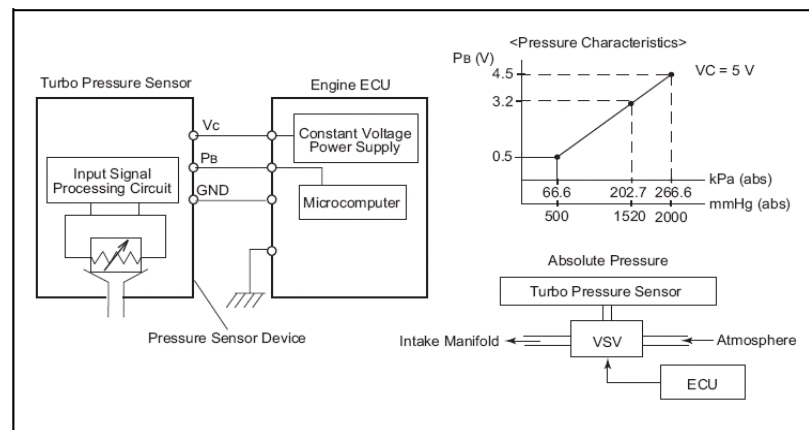
✓ **Pengukuran kondisi tekanan atmosfer**

VSV diaktifkan selama 150 msec untuk mendeteksi tekanan atmosfer ketika saat salah satu hal di bawah terjadi:

- Putaran mesin= 0 rpm
- Starter On
- Putaran idle stabil

✓ **Pengukuran Turbo Pressure**

VSV tidak diaktifkan untuk mendeteksi *turbo pressure* jika pengukuran tekanan atmosfer dalam kondisi tidak aktif.



Sumber: Denso Corporation, 2003

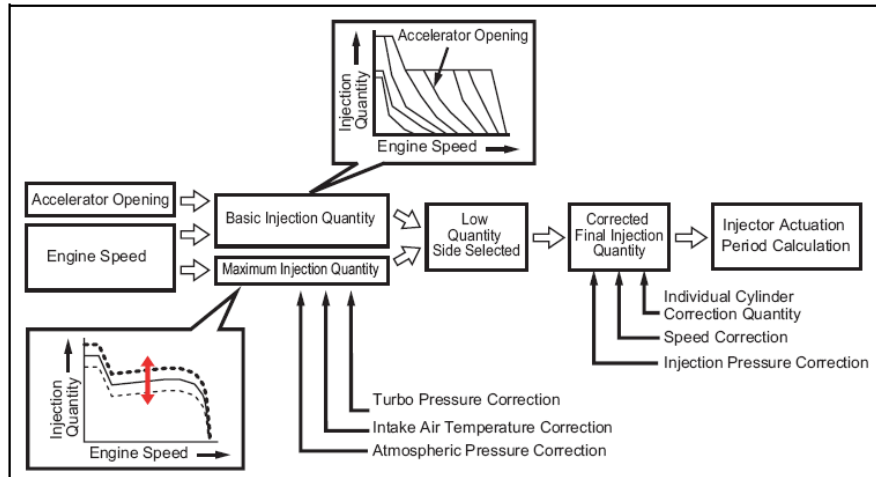
Gambar 8. Manifold Absolute Pressure Sensor

2. Pengontrolan Injeksi dan sistem koreksi

a. Fuel Injection Quantity Control

Metode pengkalkulasian jumlah bahan bakar yang diinjeksikan didapat dari perbandingan diantara dua hal di bawah, dimana yang menghasilkan kuantitas penginjeksian yang paling kecil yang digunakan.

- ❖ Kuantitas dasar penginjeksian bahan bakar didapat dari kalkulasi antara data posisi pedal gas dengan putaran mesin.
- ❖ Kuantitas penginjeksian bahan bakar didapat dengan menambahkan beberapa koreksi penginjeksian kepada kuantitas penginjeksian maksimum yang diperoleh dari putaran mesin.

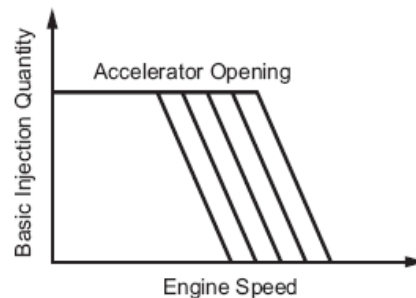


Sumber: Denso International Thailand Co. (2005)

Gambar 9. Fuel Injection Quantity Control

Basic Injection Quantity

Metode ini ditentukan oleh putaran mesin dan posisi bukaan pedal gas. Di mana saat putaran mesin konstan tetapi bukaan pedal gas bertambah maka kuantitas penginjeksian akan ditambah. Saat bukaan pedal gas konstan, tetapi putaran mesin bertambah maka kuantitas penginjeksian bahan bakar akan dikurangi.

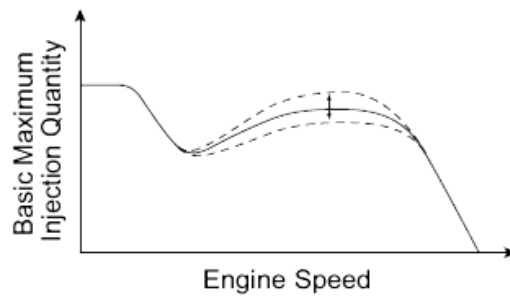


Sumber: Denso International Thailand Co. (2005)

Gambar 10. Grafik referensi basic injection quantity

Maximum Injection Quantity

Kuantitas penginjeksian maksimum didasarkan pada putaran mesin dan ditambahkan dengan koreksi dari sensor tekanan intake manifold.

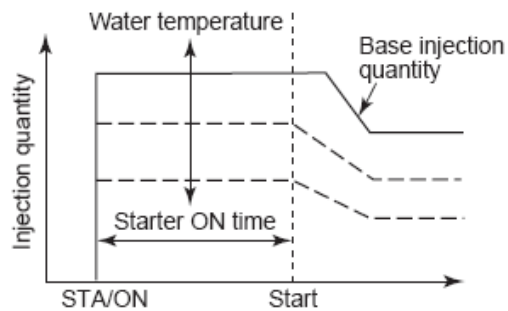


Sumber: Denso International Thailand Co. (2005)

Gambar 11. Grafik referensi maximum injection quantity

Starting Injection Quantity

Ketika switch starter ON, kuantitas penginjeksian dikalkulasikan berdasarkan pada data penginjeksian untuk starting yang sudah tersimpan pada ECU. Di mana penambahan dan pengurangan kuantitas dasar penginjeksian pada saat starting tergantung dari data yang diberikan oleh water temperature sensor dan putaran mesin saat start.

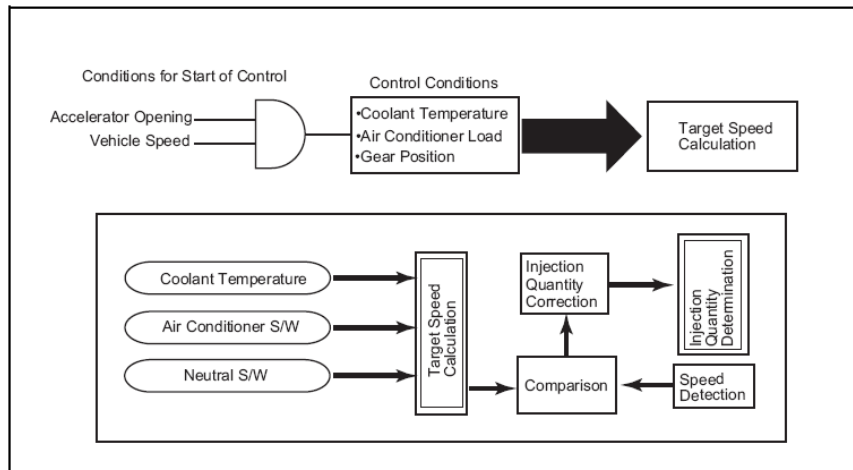


Sumber: Denso International Thailand Co. (2005)

Gambar 12 Grafik referensi maximum injection quantity

b. Pengatur Putaran Idle (*Idle Speed Control/ISC*) Sistem

ISC system mengontrol putaran idle dengan cara mengontrol kuantitas injeksi untuk memastikan putaran mesin yang sebenarnya dapat mencapai target putaran yang sudah dikalkulasikan oleh ECU. Di mana target putaran dikalkulasikan berdasarkan temperatur air pendingin, On/Off nya Air Conditioner dan posisi gigi transmisi.

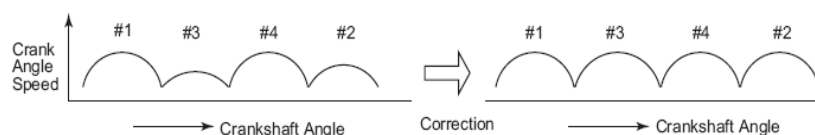


Sumber: Denso International Thailand Co. (2005)

Gambar 13. Proses sistem pengontrolan putaran idle

c. Kontrol Pengurang Getaran Idle (*Idle Vibration Reduction Control*)

Untuk mengurangi getaran ketika putaran idle atau putaran stasioner, maka putaran sudut setiap silinder harus dibuat sama. Oleh karena itu putaran setiap silinder selalu dimonitor dan apabila terdapat perbedaan yang cukup signifikan maka hal tersebut harus segera diatasi dengan cara mengatur kuantitas penginjeksian bahan bakar secara individual untuk setiap silindernya. Sehingga nantinya putaran idle mesin yang terjadi akan lebih halus.



Sumber: Denso International Thailand Co. (2005)

Gambar 14. Pengoreksian putaran idle terhadap getaran

d. Kontrol Waktu Penginjeksian (*Fuel Injection Timing Control*)

Waktu penginjeksian bahan bakar dikontrol dengan mengatur saat arus listrik mengalir ke injektor. Sistem pinjeksi common rail terdapat dua macam penginjeksian yaitu main injection dan pilot injection. Pengaturan ke dua macam penginjeksian tersebut adalah sebagai berikut:

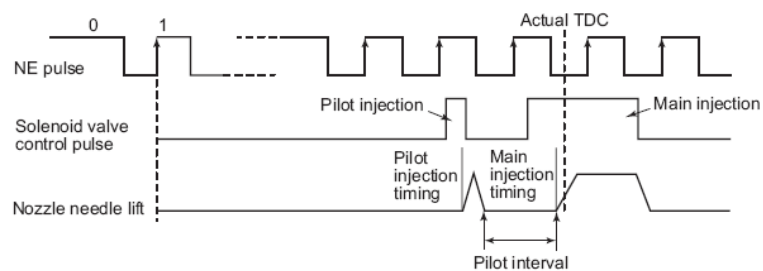
❖ *Main injection timing*

ECU mengkalkulasikan waktu penginjeksian dasar berdasarkan pada putaran mesin dan kuantitas penginjeksian bahan bakar, dan

menambahkan beberapa koreksi penginjeksian bahan bakar untuk mendapatkan waktu penginjeksian utama yang optimal.

❖ *Pilot injection timing*

Timing penginjeksian ini dikontrol dengan menambahkan *pilot interval* (jarak waktu *pilot injection* dan *main injection*) kepada timing penginjeksian utama. *Pilot interval* dikalkulasikan berdasarkan input dari kuantitas penginjeksian bahan bakar, putaran mesin, temperatur cairan pendingin dan koreksi tekanan udara masuk. Saat mesin dihidupkan *pilot interval* dikalkulasikan berdasarkan temperatur air pendingin dan putaran mesin saat start.

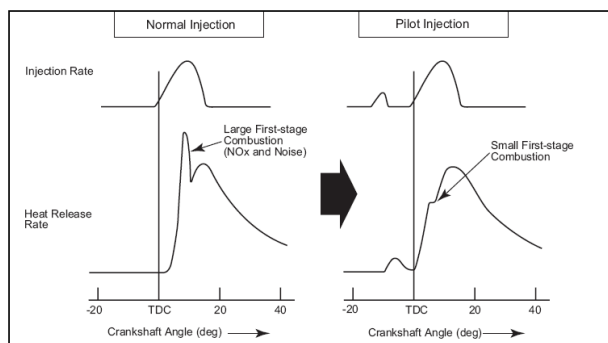


Sumber: Denso International Thailand Co. (2005)

Gambar 15. Pengontrolan waktu penginjeksian

3. Kontrol Lamanya Penginjeksian (*Fuel Injection Rate Control*)

Ketika lama waktu penginjeksian ditambah dengan keadaan tekanan penginjeksian yang tinggi maka akan menyebabkan pembakaran menjadi terlambat. Karena *injection delay* dan kuantitas bahan bakar yang diinjeksikan sampai terjadinya pembakaran utama meningkat maka menyebabkan terjadinya knocking pada mesin diesel dan meningkatnya emisi NOx. Karena alasan tersebut, pilot injection disediakan untuk meminimalisir terjadinya knocking.

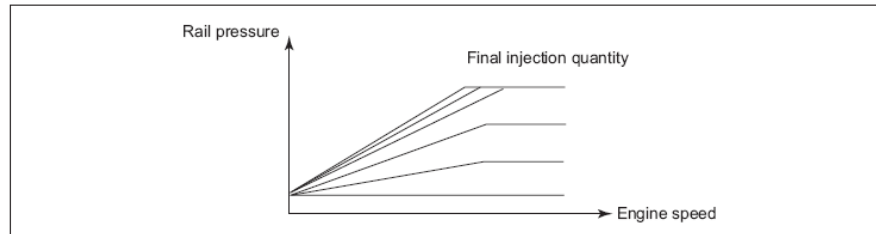


Sumber: Denso International Thailand Co. (2005)

Gambar 16. Grafik Pilot Injection

4. Kontrol Tekanan Injeksi (*Fuel Injection Pressure Control*)

Tekanan penginjeksian bahan bakar diatur berdasarkan data kuantitas penginjeksian bahan bakar, temperature air pendingin dan putaran mesin. Saat start, tekanan penginjeksian bahan bakar ditentukan berdasarkan temperatur air pendingin dan tekanan atmosfer.



Sumber: Denso International Thailand Co. (2005)

Gambar 17. Grafik pengontrolan tekanan injeksi

DAFTAR PUSTAKA

- Bosch, Robert.(2000). *Diesel In-Line Fuel-Injection Pumps, Technical Instruction, 3rd Edition*. Germany: Robert Bosch GmbH.
- DaimlerChrysler. (2000). *Common Rail Diesel Injection (CDI), System Injeksi Bahan Bakar Diesel, Edisi 1*. Jakarta: PT. DaimlerChrysler Distribution Indonesia.
- Denso Corporation. (2003). *Common Rail System for Nissan Service Manual Operation YD1-K2 Type Engine*. Japan: Denso Corporation.
- Denso International Thailand Co. (2005). *Common Rail System (HP3)for Mitsubishi Triton4D56/4M41 Engine*. Thailand: Denso International Thailand Co.