

**ELECTRONIC FUEL INJECTION (EFI)**  
**UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG 2023**



**Disusun Oleh :**

- |                         |            |
|-------------------------|------------|
| 1. Samsudin Ali         | 5202420022 |
| 2. Tegar Daniswara Y    | 5292421001 |
| 3. Keling Subur Setyoko | 5202421002 |
| 4. Ridha Al Rizqi       | 5202421013 |
| 5. Wahyu Nur Dhuha      | 5202421021 |

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG  
KOTA SEMARANG**

# **EFI (ELECTRONIC FUEL INJECTION)**

## **A. PENJELASAN UMUM**

Mesin dengan ECU mengkalkulasikan durasi dari dasar penyemprotan bahan bakar dengan menggunakan dua sinyal dari sensor : 1) Intake Manifold Pressure (dalam D-tipe EFI) dari intake manifold pressure sensor atau Intake air volume signal (dalam L-tipe EFI) dari air flow meter, dan 2) Sinyal kecepatan mesin. Ini mendasarkan perhitungan yang disimpan dalam memori.

ECU juga menentukan pengoptimalan durasi penyemprotan bahan bakar untuk mesin berdasarkan kondisi dasar mesin dan dari beberapa sinyal lainnya

## **B. JENIS-JENIS EFI**

Sistem EFI dapat dibedakan menjadi dua berdasarkan metode yang digunakan untuk mendeteksi volume udara yang masuk.

### **1. EFI Tipe D (Tipe kontrol tekanan manifold)**

Tipe ini mengukur kekuatan kevakuman yang ada di intake manifold, sehingga merasakan volume udara berdasarkan kepadatannya

### **2. EFI Tipe L (Tipe Kontrol Air Flow)**

Tipe ini secara langsung merasakan jumlah udara yang mengalir ke intake manifold melalui pengukur aliran udara

Dalam mengukur aliran udara, terdapat tiga jenis sensor yang biasa digunakan dan cara kerjanya berbeda, antara lain adalah tipe baling-baling, tipe pusaran karman optik, dan tipe kawat panas

## **C. SISTEM BAHAN BAKAR**

Bahan bakar yang dipompa keluar dari tangki bahan bakar oleh pompa bahan bakar melewati filter bahan bakar, kemudian dikirim ke injektor. Tekanan

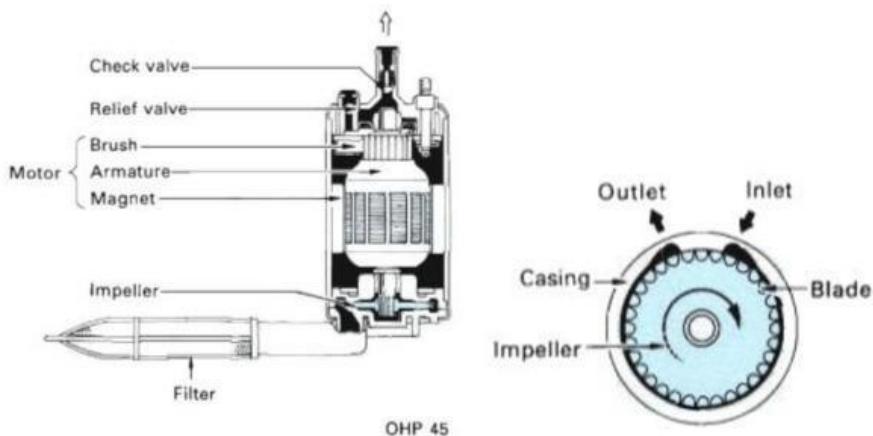
bahan bakar pada injektor dipertahankan pada tingkat tinggi yang konstan (285 kPa [2,9 kgf/cm<sup>2</sup>; 41,2 psi] atau 250 kPa [2,55 kgf/cm<sup>2</sup>; 35,5 psi], tergantung pada model mesin), yang lebih besar dari tekanan bahan bakar injektor. Tekanan intake manifold. Saat bahan bakar diinjeksikan , tekanan bahan bakar disalurkan bahan bakar sedikit berubah. Beberapa mesin dilengkapi dengan peredam denyut untuk mencegah hal ini terjadi. Satu injektor dipasang di depan setiap silinder.

Komponen dari Sistem bahan bakar meliputi:

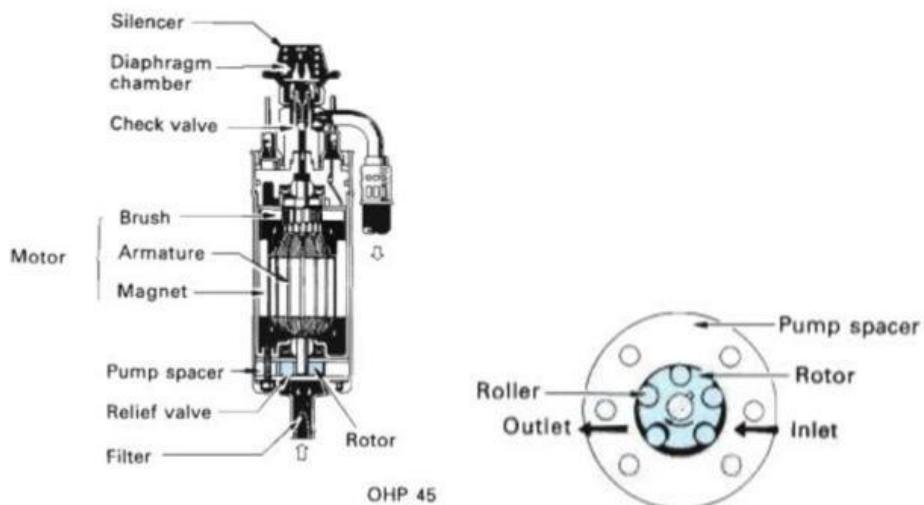
#### 1. Fuel pump

Fuel pump atau pompa bahan bakar adalah komponen pada sistem EFI yang berfungsi untuk memompa bahan bakar. Fuel pump secara konstruksi terbagi atas dua tipe yaitu tipe in tank, dan tipe in line.

Pompa bahan bakar tipe in-tank adalah jenis pompa bahan bakar yang dipasang di dalam tangki bahan bakar kendaraan. Terdapat beberapa jenis pompa bahan bakar tipe in-tank, antara lain pompa bahan bakar elektrik dan pompa bahan bakar mekanis. Jenis pompa bahan bakar tipe in-tank yang digunakan pada kendaraan tergantung pada sistem bahan bakar yang digunakan.



Pompa bahan bakar tipe in-line adalah jenis pompa bahan bakar yang digunakan pada mesin diesel dengan sistem injeksi bahan bakar. Pompa ini bekerja dengan menggunakan plunger segaris dan memiliki peranan yang sangat penting pada sistem injeksi mesin diesel. Beberapa komponen pompa bahan bakar tipe in-line antara lain barrel, plunger, camshaft, dan delivery valve. Cara kerja pompa bahan bakar tipe in-line dimulai dari proses penekanan bahan bakar, sampai proses pengaturan timing dan durasi penekanan.



## 2. Fuel pump control

Fuel pump control adalah salah satu kelengkapan dalam sistem EFI yang berfungsi untuk mengoperasikan pompa bahan bakar atau fuel pump. Prinsip pengoperasian fuel pump terbagi atas tiga jenis yaitu pengontrolan oleh ECU, pengontrolan oleh saklar, serta pengontrolan oleh relay dan transistor.

### 3. Filter bahan bakar / fuel filter

Filter bahan bakar adalah komponen penting pada sistem bahan bakar kendaraan yang berfungsi untuk menyaring kotoran dan partikel-partikel kecil yang terdapat pada bahan bakar sebelum masuk ke sistem injeksi. Filter bahan bakar terdiri dari beberapa komponen dan dapat ditemukan pada beberapa lokasi pada kendaraan. Filter bahan bakar dapat ditemukan dalam dua jenis, yaitu filter wadah dan filter cartridge. Penggunaan bahan bakar berkualitas dapat memperpanjang usia pemakaian filter bahan bakar dan awet hingga batas usia pemakaian maksimal.

### 4. Pulsation damper

Pulsation damper atau fuel pulsation damper (FPD) adalah komponen pada sistem bahan bakar kendaraan dengan sistem injeksi bahan bakar yang berfungsi untuk menyerap pulsa atau getaran pada bahan bakar yang dihasilkan oleh pompa bahan bakar dan menstabilkan tekanan bahan bakar pada sistem injeksi. FPD terletak di antara pompa bahan bakar dan regulator tekanan bahan bakar dan dapat ditemukan pada beberapa lokasi pada kendaraan. FPD dapat mengalami kerusakan akibat usia pemakaian atau kualitas bahan bakar yang buruk dan dapat dilepas dan dibersihkan jika terdapat kotoran atau partikel pada diafragma.

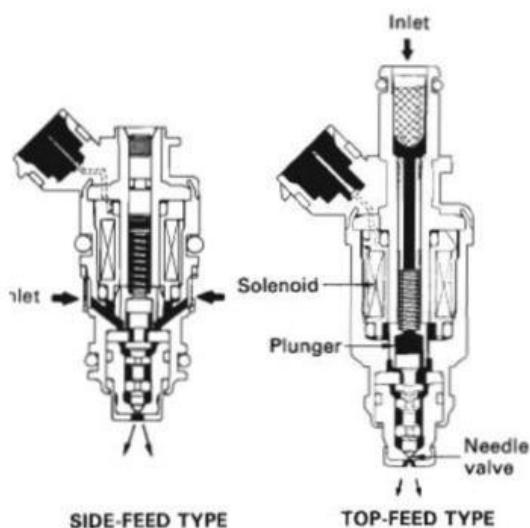
### 5. Pressure regulator

Pressure regulator pada sistem bahan bakar adalah komponen yang berfungsi untuk mengatur tekanan bahan bakar yang mengalir ke injector. Pressure regulator bekerja dengan cara mengatur aliran bahan bakar yang masuk ke injector dan terletak di antara pompa bahan bakar dan injector. Pressure regulator dapat mengalami kerusakan akibat usia pemakaian atau kualitas bahan bakar yang buruk. Cara kerja pressure regulator pada sistem

bahan bakar adalah dengan cara menjaga tekanan bahan bakar yang masuk ke injector agar tetap konstan atau sama.

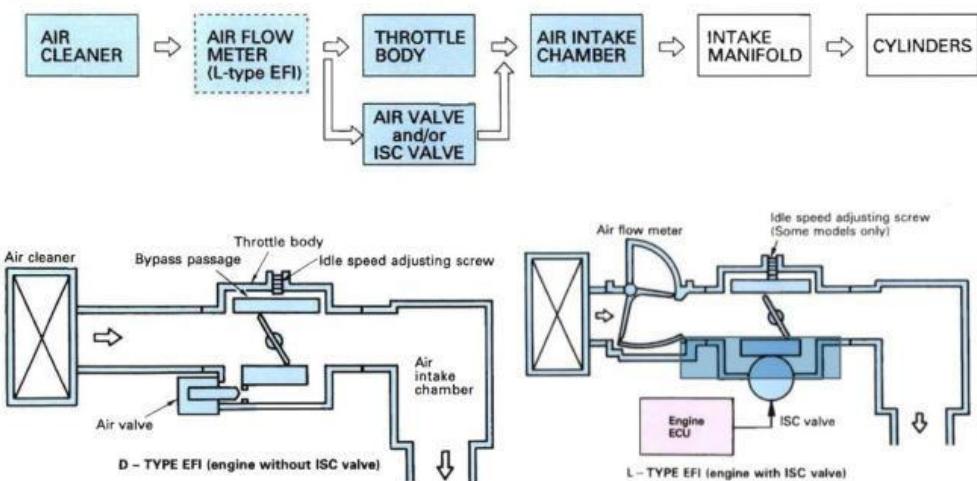
## 6. Injektor

Injektor adalah komponen penting pada sistem bahan bakar kendaraan dengan sistem injeksi bahan bakar yang berfungsi untuk menyemprotkan bahan bakar ke dalam ruang bakar mesin. Injektor terletak di antara pressure regulator dan ruang bakar mesin dan dapat ditemukan pada beberapa lokasi pada kendaraan. Injektor dapat mengalami kerusakan akibat usia pemakaian atau kualitas bahan bakar yang buruk. Cara kerja injektor pada sistem bahan bakar adalah dengan cara membuka dan menutup katup injeksi bahan bakar sesuai dengan sinyal yang diberikan oleh unit kontrol elektronik (ECU). Injektor secara konstruksinya terbagi atas dua tipe yaitu side feed dan top feed.



## D. SISTEM INDUKSI UDARA

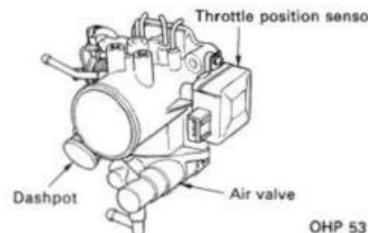
Sistem induksi udara adalah sistem yang berfungsi untuk memasok udara ke dalam ruang bakar udara mengalir melalui throttle body kemudian masuk ke intake manifold, kemudian disalurkan ke tiap-tiap silinder. Pada saat keadaan idle yang terjadi adalah katup throttle tertutup lalu aliran udara masuk melalui saluran bypass yang akhirnya melalui katup ISC , katup ISC berfungsi untuk mengatur udara saat mesin berada di dalam keadaan idle dengan tujuan untuk mempercepat kenaikan suhu kerja mesin.



### 1. Throttle Body

Throttle body terdiri dari katup throttle, yang mengendalikan volume udara masuk selama operasi normal mesin, sebuah jalur by-pass di mana sejumlah kecil udara mengalir saat mesin berjalan di tahan (idle), dan sebuah sensor posisi throttle yang mendekripsi sudut bukaan katup throttle. Beberapa throttle body juga dilengkapi dengan dashpot yang membuat katup throttle secara perlahan kembali ke posisi tertutup saat ditutup, atau dengan sebuah katup udara jenis lilin. Saat mesin berjalan di tahan (idle), katup throttle

sepenuhnya tertutup. Akibatnya, udara masuk mengalir melalui jalur by-pass ke dalam ruang masuk udara. Kecepatan mesin saat berjalan di tahan (idle) dapat diatur dengan sekrup pengatur kecepatan idle, yang meningkatkan atau mengurangi volume udara yang mengalir melalui jalur by-pass.

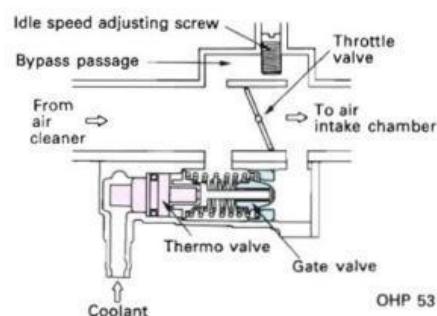


## 2. Air valve

Air valve mengontrol kecepatan idle mesin saat mesin dingin. Beberapa mesin yang dilengkapi dengan katup ISC sudah tidak gunakan katup udara ini. Berikut jenis dari air valve.

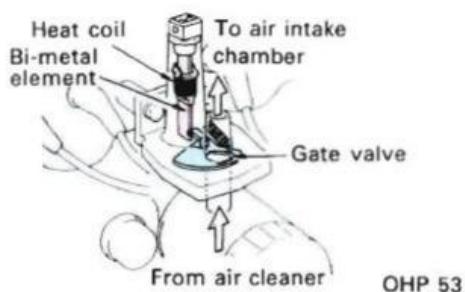
### a. Wax type

Pada tipe ini terdapat thermo valve dan gate valve dimana termo valve berisi thermo wax. Volume dari wax akan berubah mengikuti temperatur dari air pendingin. Perubahan volume tersebut yang kemudian digunakan untuk membuka dan menutup gate valve untuk mengatur kecepatan idle kendaraan.



b. Bimetal type

Katup udara pada tipe ini terdiri dari bimetal element, koil pemanas, dan gate valve. Arus listrik mengalir bersamaan ke koil pemanas dan pompa bahan bakar, panas dari koil pemanas akan merubah bentuk dari elemen bimetal yang kemudian menyebabkan gate valve akan tertutup secara perlahan.



## E. FUNGSI ECU MESIN

ECU Mesin menghitung durasi injeksi bahan bakar dasar sesuai dengan dua sinyal: 1) sinyal tekanan manifold masuk dari sensor tekanan manifold (pada EFI tipe D), atau sinyal volume udara masuk dari alat pengukur aliran udara (pada EFI tipe L); dan 2) sinyal kecepatan mesin. Perhitungannya didasarkan pada program yang tersimpan dalam memori ECU. ECU Mesin juga menentukan durasi injeksi bahan bakar optimum untuk setiap kondisi mesin berdasarkan sinyal dari berbagai sensor lainnya. Pengendalian ECU Mesin terhadap pompa bahan bakar, fungsi peningkatan tekanan bahan bakar, dan penyuntikan bahan bakar saat mesin dingin dibahas dalam bagian tentang sistem bahan bakar (Lihat halaman 53), dan pengendalian pemanas sensor oksigen dibahas dalam bagian tentang sistem kendali lainnya.

## 1. Metode Injeksi bahan bakar dan injection timing

Metode penyemprotan bahan bakar mencakup metode di mana bahan bakar disemprotkan oleh injektor ke semua silinder secara bersamaan, metode di mana silinder diatur ke dalam beberapa kelompok dan bahan bakar disemprotkan ke kelompok silinder secara berurutan, dan metode di mana bahan bakar disemprotkan ke setiap silinder secara terpisah. Waktu penyemprotan bahan bakar juga dapat berbeda tergantung pada model mesin, di mana beberapa mesin dihidupkan sepanjang waktu dengan waktu yang sudah ditentukan, sedangkan mesin lain dihidupkan dengan waktu penyemprotan yang dihitung oleh ECU sesuai dengan volume udara masuk, kecepatan mesin, dll.

INJECTION METHODS	INJECTION TIMING	ENGINES* <sup>1</sup>
SIMULTANEOUS	<p>Intake stroke      Ignition      Fuel injection</p> <p>Crankshaft angle      OHP 54</p> <p>Note: This graph shows the injection timing for the 6M-GE engine.</p>	4A-GE (D-type EFI, 1989 and before) 4A-FE (engines w/o lean mixture sensor) 1S-E, 2S-E, 3S-FE, 5S-FE 5M-GE, 6M-GE 4Y-E 22R-E, 22R-T-E 3VZ-E, 3F-E* <sup>2</sup> 2E-E, 3E-E 2RZ-E, 2TZ-FE
2 GROUPS	<p>Intake stroke      Ignition      Fuel injection</p> <p>Crankshaft angle      OHP 54</p> <p>Note: This graph shows the injection timing for the 1G-GE engine.</p>	1G-GE 4A-GE (L-type EFI) 4A-GE (D-type EFI, 1989 and after) 4A-GZE

INJECTION METHODS	INJECTION TIMING	ENGINES <sup>*1</sup>
3 GROUPS	<p>Intake stroke      Ignition      Fuel injection</p> <p>1 5 3 6 2 4</p> <p>0°      360°      720°      1080° Crankshaft angle      OHP 54</p> <p>Note: This graph shows the injection timing for the 7M-GE engine.</p>	7M-GE 7M-GTE 2VZ-FE
4 GROUPS	<p>Intake stroke      Ignition      Fuel injection</p> <p>1 8 4 3 6 5 7 2</p> <p>0°      360°      720°      1080° Crankshaft angle      OHP 54</p>	1UZ-FE
INDEPENDENT (SEQUENTIAL)	<p>Intake stroke      Ignition      Fuel injection</p> <p>1 3 4 2</p> <p>0°      360°      720°      1080° Crankshaft angle      OHP 54</p>	3S-GE 3S-GTE 4A-FE (engines w/lean mixture sensor)
FOR 1S-i	<p>Intake stroke      Ignition      Fuel injection</p> <p>1 3 4 2</p> <p>0°      360°      720°      1080° Crankshaft angle      OHP 54</p>	1S-i

<sup>\*1</sup> Applicable engines were manufactured in September 1991.

Refer to the respective engine Repair Manuals or Electrical Wiring Diagrams for later changes and additional information.

## 2. Kontrol durasi injeksi bahan bakar

Durasi injeksi bahan bakar ditentukan oleh dua hal yaitu 1) durasi injeksi dasar yang ditentukan berdasarkan volume udara masuk dan kecepatan mesin. 2) koreksi berdasarkan sinyal berbagai sensor karena saat mesin hidup jumlah udara yang masuk ke ruang bakar tidak stabil. Koreksi durasi injeksi berbeda-beda tergantung pada model mesin dan ciri khas masing-masing yang perlu diperhatikan. Berikut tabel yang menunjukkan pengaturan untuk menyempurnakan kontrol injeksi bahan bakar.

