

## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Kajian Pustaka

Sekarang ini pabrikan roda dua yang ada di tanah air marak produk motor injeksi, selain menjadi salah satu tuntutan kemajuan teknologi, pabrikan juga harus bisa membuat motor yang ramah lingkungan, dimana hal ini sesuai dengan peraturan pemerintah mengenai standar emisi gas buang kendaraan bermotor yang harus ditekan (ramah lingkungan), Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan (Wardan Suyanto,1989:345). Gas buang kendaraan yang dimaksudkan di sini adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan. Terdapat empat emisi pokok yang dihasilkan oleh kendaraan. Adapun keempat emisi tersebut adalah senyawa Hidrokarbon (HC), Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NOx), dan partikel-partikel yang keluar dari gas buang. Dari alasan tersebut tidak heran jika sekarang pabrikan roda dua khususnya di tanah air telah menanamkan teknologi injeksi pada kendaraan bermotor rakitannya, tentunya dengan keunggulan masing-masing baik dilihat dari kecanggihan teknologinya maupun kesiapan *after salesnya*.

Robert Bosch merupakan awal dimulainya penemu teknologi *fuel injection* (injeksi) yang sekarang ini kita nikmati di kendaraan roda dua. Kurang lebih pada tahun 1922-1927 Robert Bosch telah menemukan sistem injeksi, dimana lahirnya sistem injeksi ini diawali Robert ketika dirinya berhasil merancang pompa injeksi untuk di terapkan pada mesin diesel putaran tinggi. Dari beberapa literatur yang ada, telah dicatat bahwa teknologi *fuel injeksi* pertama telah berhasil di ciptakan kurang lebih pada tahun 1939, tetapi kala itu injeksi belum diterapkan di

kendaraan bermotor, melainkan pertama kali berhasil di realisasikan pada pesawat terbang bernama Messerschmitt BF-109.

Seiring dengan suksesnya sistem injeksi di pesawat, dari pesawat lanjut ke mobil, dari mobil lanjut ke kendaraan bermotor roda dua. Di Indonesia produk roda dua rakitan jepang telah mendominasi, sebut saja ada Yamaha, Honda, Suzuki, Kawasaki dan kawan-kawannya. Pabrikan Jepang sendiri menerapkan teknologi injeksi ini dilakukan hampir serentak, yakni kisaran tahun 1982-an. Di kala itu penerapan teknologi injeksi di kendaraan roda dua masih tergolong minim, dimana penerapan teknologi tersebut aplikasinya cuma di motor berkapasitas besar saja (moge), seperti halnya kalau di pabrikan garputala (Yamaha) menerapkan injeksi pertama kali pada Yamaha XJ750D, pabrikan sayap tunggal (Honda) menerapkannya pada Honda CX500 turbo.

## **2.2. Pengertian EFI**

EFI (*Electronic Fuel Injection*/Penginjeksian Bahan Bakar Secara Elektronik) adalah sistem pengabutan atau pencampuran bahan bakar dengan udara yang dikontrol secara elektronik oleh mikrokomputer (ECU) dengan cara menginjeksikan bahan bakar ke dalam *intake manifold* oleh injektor sesuai dengan kondisi mesin agar didapat efisiensi mesin yang optimal, misalnya campuran bahan bakar yang ideal. Sistem *electronic fuel injection* (EFI) merupakan perkembangan dari sistem sebelumnya yaitu karburator. Dalam dunia otomotif, sistem EFI merupakan suatu sistem terbaru dalam pengaturan perbandingan bahan bakar dan udara secara optimal. Komponen-komponen yang terdapat dalam sistem EFI merupakan komponen elektronik. Komponen EFI terdiri dari beberapa macam sensor yang melakukan pengukuran dalam hal antara lain : Jumlah udara yang di hisap, beban mesin, temperatur air pendingin,

temperatur udara masuk, saat akselerasi maupun deselerasi, dan lain-lain. kemudian mengirim sinyal tersebut kepada *electronic control unit* (ECU) dan ECU menjamin perbandingan bahan bakar dan udara (*air fuel ratio*) ke silinder-silinder dengan menentukan volume penginjeksian bahan bakar yang bekerja secara kelistrikan sesuai dengan kondisi dan beban dari mesin.

Tujuan EFI (*electronic fuel injection*) di buat adalah untuk menutupi kelemahan sistem bahan bakar konvensional dengan menggunakan karburator. Di mana pada karburator terjadi konsistensi AFR (*Air fuel ratio*/perbandingan bahan bakar dengan udara) yang di hasilkan. Angka AFR yang ideal adalah 14,7 (*stoichiometri*) pada setiap tingkatan putaran mesin (RPM). Pada karburator biasanya terjadi saat rpm rendah AFR cenderung kaya (*rich*) sedangkan pada rpm tinggi malah terjadi campuran miskin (*lean*) atau bisa juga terjadi hal-hal sebaliknya. Kelemahan lain pada karburator adalah proses jalanya hasil pengkabutan bahan bakar dan udara dari karburator menuju ruang bakar mengalami kesulitan, karena harus melalui lekukan-lekukan dan sudut yang tajam pada saluran masuk (*intake manifold*), dan hasil dari pengkabutan bahan bakar tersebut adalah tidak merata pada setiap silindernya bagi mesin yang menganut multi silinder, tetapi bagi yang menganut *single* silinder tentu hal tersebut tidak menjadi masalah. Karena keterbatasan sistem karburator tersebut maka sistem bahan bakar pada sebuah mesin menggunakan bantuan alat elektronik agar hasilnya lebih efisien terutama adalah menutupi kelemahan-kelemahan pada sistem karburator.

### **2.3. Sejarah Perkembangan Sistem EFI**

Robert Bosch merupakan awal dimulainya penemu teknologi *fuel injection* (injeksi) yang sekarang ini bisa dinikmati pada kendaraan roda dua. Kurang lebih

pada tahun 1922-1927 Robert Bosch telah menemukan sistem injeksi, dimana lahirnya sistem injeksi ini diawali Robert ketika dirinya berhasil merancang pompa injeksi untuk diterapkan pada mesin diesel putaran tinggi. Dari beberapa literatur yang ada, telah dicatat bahwa teknologi *fuel injeksi* pertama telah berhasil diciptakan kurang lebih pada tahun 1939, tetapi kala itu injeksi belum diterapkan di kendaraan bermotor, melainkan pertama kali berhasil direalisasikan pada pesawat terbang bernama Messerschmitt BF-109.

Seiring dengan suksesnya sistem injeksi di pesawat, dari pesawat lanjut ke mobil, dari mobil lanjut ke kendaraan bermotor roda dua. Pada saat itu pompa injeksi untuk solar sekaligus diuji cobakan buat mesin bensin. Pada mulanya bensin langsung disemprotkan ke ruang bakar mirip seperti mesin diesel. Namun berbagai kesulitan ditemukan ketika suhu mesin masih dingin. Uji coba selanjutnya, penyemprotan bensin dialihkan ke saluran masuk (*intake manifold*). Namun permasalahan muncul pada elemen pompa injeksi solar yang membutuhkan pelumasan tersendiri. Padahal sifat bensin tidak dapat melumasi seperti solar. Sehingga pembuatan konstruksi pompa injeksi untuk bensin menjadi lebih rumit dan mahal. Berbagai percobaan lanjutan terus dilakukan oleh para ahli otomotif untuk merancang sistem injeksi bensin yang berbeda dengan mesin diesel. Dan akhirnya sekitar 1960, sistem injeksi bensin seperti yang dipakai pada mobil-mobil saat ini sudah ditemukan. Bahkan tahun 1967 mobil VW sudah mengaplikasikan sistem injeksi dengan unit pengontrol elektronik. Berlanjut di industri mobil pabrikan kota sakura yaitu Jepang, Pabrik Toyota sejak 1971 mulai mengembangkan sistem EFI (*electronic fuel injection*). Dan 1979, Toyota sudah mengeksport mobil berteknologi EFI seperti Crown dan Cressida. Sejak saat itulah era mobil yang mengadopsi sistem karburator secara

perlahan mulai ditinggalkan dan berganti menggunakan motor dengan sistem EFI.

Di Indonesia produk roda dua rakitan jepang telah mendominasi, sebut saja ada Yamaha, Honda, Suzuki, Kawasaki dan kawan-kawannya. Pabrikan Jepang sendiri menerapkan teknologi injeksi ini dilakukan hampir serentak, yakni kisaran tahun 1982-an. Di kala itu penerapan teknologi injeksi di kendaraan roda dua masih tergolong minim, dimana penerapan teknologi tersebut aplikasinya cuma di motor berkapasitas besar saja (moge), seperti halnya kalau di pabrikan garputala (Yamaha) menerapkan injeksi pertama kali pada Yamaha XJ750D, pabrikan sayap tunggal (Honda) menerapkannya pada Honda CX500 turbo. Selanjutnya teknologi injeksi pada moge dikembangkan untuk motor ber-cc kecil berjuduk PGM-FI (*electronic fuel injection system*). Khusus pasar Eropa, Honda menciptakan *scooter* PGM-FI yaitu Pantheon 150 cc dan 125 cc. Menyusul Thailand yang mengeluarkan motor bebek injeksi pertama kali yaitu Honda Wave 125i (2003). Berikutnya, Juni 2006, India meluncurkan Honda Glamour PGM-FI yaitu motor jenis *sport* 125 cc yang basis mesinnya sama seperti Honda Wave 125i Thailand. Sedangkan motor yang pertama kali beredar di Indonesia yang sudah mengadopsi sistem EFI pada tahun 2005 ketika PT Astra Honda Motor (AHM) meluncurkan Honda Supra X125 PGM-FI. Konsumsi bahan bakar minyak (BBM) motor itu disebut-sebut 6% lebih hemat dibanding model Supra X125 karburator. Setelah AHM, giliran PT Yamaha Motor Kencana Indonesia (YMKI) yang mengeluarkan motor sport Vixion 150 cc pada tahun 2007. Suzuki tidak mau ketinggalan dengan di lansirnya Shogun 125 Hyper Injection pada tahun 2008. pada tahun yang sama, Kawasaki meluncurkan KLX 250, dan terakhir TVS masuk dengan Apache RTR 160 cc pada tahun 2009. kelima agen tunggal pemegang merek (ATPM) tersebut adalah anggota Asosiasi Industri Sepeda

Motor Indonesia (Aisi). Di luar anggota Aisi, sepeda motor injeksi lainnya adalah Bajaj Pulsar 220 DTS-Fi.

## 2.4. Kontruksi dasar sistem EFI

Secara umum, kontruksi sistem EFI dapat di bagi menjadi tiga bagian/sistem utama yaitu;

1. Sistem bahan bakar (*fuel delivery system*)
2. Sistem kontrol elektronik (*electronic control system*), dan
3. Sistem induksi/pemasukan udara (*air induction system*).

Ketiga sistem utama ini akan di bahas satu-persatu di bawah ini. Jumlah komponen-komponen yang terdapat dalam sistem EFI bisa berbeda pada setiap jenis sepeda mesin. Semakin lengkap komponen sistem EFI yang di gunakan, tentu kerja sistem EFI akan lebih baik sehingga bisa menghasilkan unjuk kerja mesin yang lebih optimal pula. Dengan semakin lengkapnya komponen-komponen sistem EFI (misalnya sensor-sensor), maka pengaturan koreksi yang di perlukan untuk mengatur perbandingan bahan bakar dan udara yang sesuai dengan kondisi kerja mesin akan semakin sempurna.

### 1. Sistem Bahan Bakar (*Fuel delivery system*)

Sistem aliran bahan bakar pada sistem EFI terdiri dari *fuel tank, fuel pump, fuel filter, fuel delivery pipe, injector, pulsation dumper, fuel pressure regulator, dan fuel return pipe*. Menurut Moch. Solikin sistem bahan bakar pada motor bensin berfungsi untuk : (1) mengabutkan bahan bakar, (2) mencampur bahan bakar dan udara pada komposisi yang tepat seusai dengan kondisi kerja mesin (Moch. Solikin, 2005: 1). Bahan bakar dari tangki di tekan oleh sebuah pompa

bensin elektrik yang di kontrol kerjanya oleh ECM dan mengalir melewati *fuel filter*, menuju ke *fuel delivery pipe* dan di alirkan kepada masing-masing injektor. Sebuah injektor atau lebih bekerja menyemprotkan bensin yang di kontrol oleh ECM. Tekanan pada pipa pembagi akan tetap di jaga oleh adanya *fuel pressure regulator*. Menurut Machmud, S (2013:2) Setelah campuran bahan bakar dibakar oleh bunga api, maka diperlukan waktu tertentu bagi bunga api untuk merambat didalam ruang bakar, Maka akan terjadi sedikit keterlambatan antara awal pembakaran dengan pencapaian tekanan pembakaran maksimum, Oleh sebab itulah banyaknya bahan bakar yang di semprotkan tergantung dari lamanya injektor terbuka. Semakin banyak udara yang mengalir, semakin sedikit pula waktu injektor terbuka. Getaran-getaran tekanan bahan bakar akibat bekerjanya injektor pada beberapa tipe kendaraan tertentu juga akan di minimalkan oleh sebuah *pulsation damper*. Nilai oktan adalah suatu bilangan yang menunjukkan kemampuan bertahan suatu bensin terhadap detonasi (Wardan Suyanto, 1989:132). Bensin dengan angka oktan lebih tinggi dapat dipakai pada motor dengan kompresi yang lebih tinggi, sehingga menghasilkan tenaga yang lebih tinggi pula.

## 2. Sistem Kontrol Elektronik (*Electronic Control System* )

Sistem kontrol elektronik pada sistem EFI terdiri atas sensor-sensor, sebuah *engine control unit* (ECU) atau *engine control module* (ECM), aktuator-aktuator, penyuplai tegangan (baterai), *wire harness* dan konektor-konektor untuk menghubungkan *wire harness* dengan semua komponen kontrol elektronik. ECU/ECM akan menghitung secara akurat berapa banyak bahan bakar yang di butuhkan mesin yang akan di berikan oleh *injector* dengan memonitor sensor-sensor yang terdapat pada mesin. ECU/ECM akan mengontrol kerja injektor

berdasarkan lebar atau lama pulsa penginjeksian atau durasi penginjeksian untuk memberikan campuran yang sesuai dengan kondisi kerja mesin. Pada sistem kontrol elektronik ini, sebuah ECU/ECM yang berfungsi sebagai pusat pengontrolan sistem, mendapat input dari dua sensor utama yaitu, sensor jumlah udara masuk dan sensor putaran mesin yang akan di gunakan untuk menentukan *basic injection volume*. Selain dua sensor tersebut ada sensor-sensor lain yang berfungsi sebagai input ECM untuk mengoreksi jumlah bensin yang di semprotkan injektor. Pada beberapa kendaraan yang mutakhir, selain berfungsi untuk mengontrol penginjeksian bahan bakar, ECU/ECM juga berfungsi untuk mengontrol sistem pengapian,emisi bahan bakar dan sistem keamanan kendaraan. Sistem kontrol elektronik yang terdiri dari komponen berikut :

a. Input

Bagian input pada sistem bahan bakar CBR 150 terdiri dari sensor suhu udara masuk (*Intake Air Temperature Sensor*) yang berfungsi untuk mendeteksi kepadatan udara melalui suhu udara masuk, sensor tekanan udara masuk (*Intake Air Pressure Sensor*) yang berfungsi untuk mendeteksi beban mesin melalui tekanan udara masuk, sensor posisi katup gas (*Throttle Position Sensor*) yang berfungsi mendeteksi beban mesin melalui perubahan posisi derajat pembukaan katup gas, sensor posisi poros engkol (*Crankshaft Position Sensor*) yang berfungsi untuk mendeteksi kecepatan mesin dan saat timing injeksi yang tepat melalui putaran poros engkol, sensor suhu mesin (*Engine Temperature Sensor*) yang berfungsi untuk mendeteksi suhu mesin melalui suhu oli mesin, sensor O<sub>2</sub> (*O<sub>2</sub> Sensor*) yang berfungsi untuk mendeteksi rasio pencampuran bahan bakar dan udara melalui kerapatan oksigen pada gas buang.

## b. Proses

Bagian proses pada sistem bahan bakar CBR 150 terdiri dari ECU (*Engine Control Unit*) yang berfungsi untuk menerima sinyal listrik dari sensor berupa sinyal input yang kemudian diolah untuk dijadikan garis perintah kepada *actuator*.

## c. Output

Bagian output pada sistem bahan bakar CBR 150 terdiri dari *Injector* yang berfungsi untuk menginjeksikan sejumlah bahan bakar kedalam *intake manifold* berdasarkan sinyal injeksi yang diberikan oleh ECU dan ISC (*Idle Speed Control*) yang berfungsi untuk mengatur besarnya udara yang diberikan pada saat putaran *idle*.

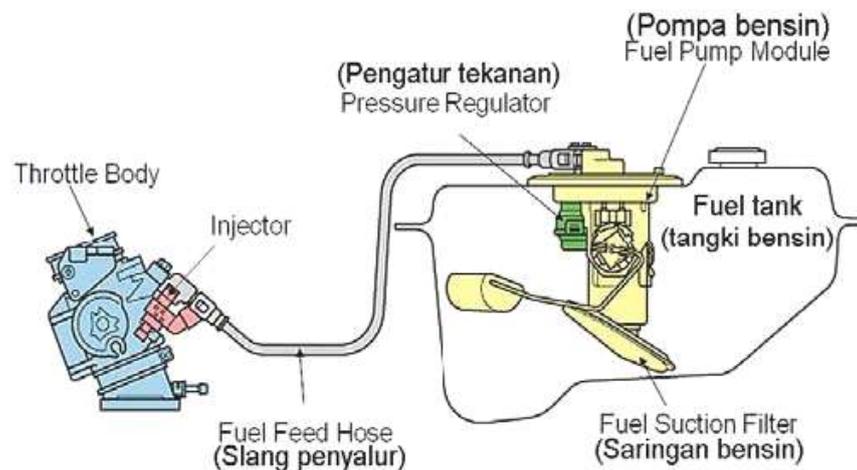
## 3. Sistem Induksi Udara (*Air Induction System*)

Secara umum air induction system terdiri dari filter udara, *air flow meter*, *throttle body*, *air intake chamber*, dan *intake manifold (intake runner)*. Pada beberapa tipe tertentu juga di lengkapi dengan *air valve* yang mungkin letaknya menyatu dengan *throttle body*, ketika *throttle valve* terbuka, udara akan terhisap masuk melewati saringan udara, melewati *air flow meter* (untuk tipe L EFI), melewati *throttle valve*, kemudian mengalir melewati *intake chamber* menuju kedalam silinder. Umumnya pada sistem EFI menggunakan dua metode pengukuran jumlah udara masuk sebagaimana telah di jelaskan : yaitu dengan mengukur kecepatan aliran udara (tipe L dengan menggunakan *air flow meter*) dan dengan mengukur tekanan udara di dalam *intake manifold* (tipe D dengan menggunakan *air pressure sensor*). Udara di salurkan ke dalam silinder berdasarkan kondisi keinginan pengemudi. Ketika *throttle valve* semakin terbuka lebar, maka udara yang mengalir menuju silinder juga akan semakin banyak.

## 2.5. Komponen Sistem Kerja EFI

### 2.5.1. Sistem Bahan Bakar

Komponen-komponen yang digunakan untuk menyalurkan bahan bakar ke mesin terdiri dari tangki bahan bakar (*fuel pump*), pompa bahan bakar (*fuel pump*), saringan bahan bakar (*fuel filter*), pipa/slang penyalur (pembagi), pengatur tekanan bahan bakar (*fuel pressure regulator*), dan injektor/penyemprot bahan bakar. Sistem bahan bakar ini berfungsi untuk menyimpan, membersihkan, menyalurkan dan menyemprotkan /menginjeksikan bahan bakar. Berikut adalah gambar komponen bahan bakar yang di tunjukkan pada gambar 2.1.



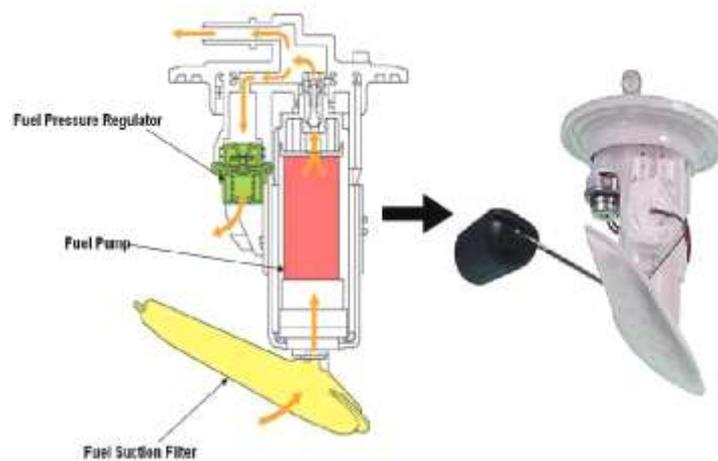
Gambar 2.1. Komponen bahan bakar EFI Honda CBR 150

(sumber. <http://www.gurahmesin.com/2015/11/pengertian-dan-cara-kerja-motor-injeksi.html>)

Adapun fungsi masing-masing komponen pada sistem bahan bakar tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) *Fuel suction filter*; menyaring kotoran agar tidak terhisap pompa bahan bakar.
- 2) *Fuel pump module*; memompa dan mengalirkan bahan bakar dari tangki bahan bakar ke injektor. Penyaluran bahan bakarnya harus lebih banyak dibandingkan dengan kebutuhan mesin supaya tekanan dalam sistem bahan

bakar bisa dipertahankan setiap waktu walaupun kondisi mesin berubah-ubah. Didalam *fuel pump* juga terdapat pompa yang berguna untuk menyedot bahan bakar sesuai dengan kebutuhan mesin saat berjalan. Selain itu juga terdapat saringan bahan bakar untuk memisahkan agar bahan bakar yang tersalur tidak bercampur dengan kotoran didalam tangki. Berikut adalah gambar *fuel pump* yang di tunjukkan pada gambar 2.2.

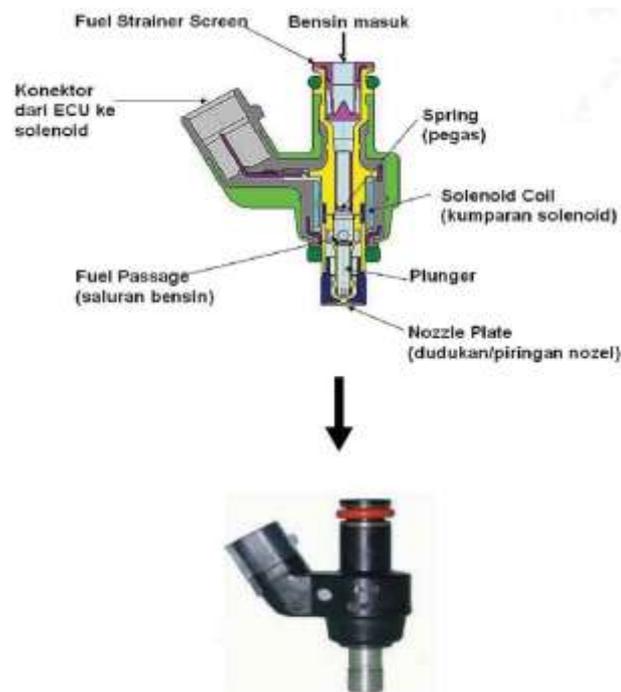


Gambar 2.2. Konstruksi *Fuel Pump Module*

(sumber. <http://www.gurahmesin.com/2015/11/pengertian-dan-cara-kerja-motor-injeksi.html> )

- 3) *Fuel pressure regulator*; mengatur tekanan bahan bakar di dalam sistem aliran Bahan bakar agar tetap/*konstan*. Contohnya pada Honda CBR 150 PGM-FI tekanan dipertahankan pada 294 kPa (3,0 kgf/cm<sup>2</sup>, 43 psi). Bila bahan bakar yang dipompa menuju injektor terlalu besar (tekanan bahan bakar melebihi 294 kPa (3,0 kgf/cm<sup>2</sup>, 43 psi) *pressure regulator* mengembalikan bahan bakar ke dalam tangki.
- 4) *Fuel feed hose*; selang untuk mengalirkan bahan bakar dari tangki menuju injektor. Selang dirancang harus tahan tekanan bahan bakar akibat dipompa dengan tekanan minimal sebesar tekanan yang dihasilkan oleh pompa.

5) *Fuel Injector*; menyemprotkan bahan bakar ke saluran masuk (*intake manifold*), biasanya sebelum katup masuk, namun ada juga yang ke *throttle body*. Volume penyemprotan disesuaikan oleh waktu pembukaan *nozzel/injector*. Lama dan banyaknya penyemprotan diatur oleh ECM (*Electronic/Engine Control Module*) atau ECU (*Electronic Control Unit*). Berikut adalah gambar konstruksi injektor yang tunjukkan pada gambar 2.3.

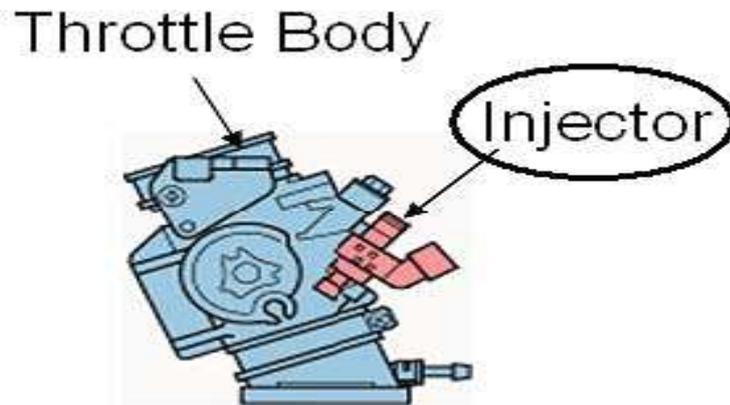


Gambar 2.3. konstruksi *injector*

(sumber. <https://www.spekengine.com/komponen-komponen-mesin-injeksi-dan-fungsinya/>)

Terjadinya penyemprotan pada injektor adalah pada saat ECU memberikan tegangan listrik ke *solenoid coil injector*. Dengan pemberian tegangan listrik tersebut *solenoid coil* akan menjadi magnet sehingga mampu menarik *plunger* dan mengangkat *needle valve* (katup jarum) dari dudukannya, sehingga saluran bahan bakar yang sudah bertekanan akan memancar keluar dari injektor. Berikut

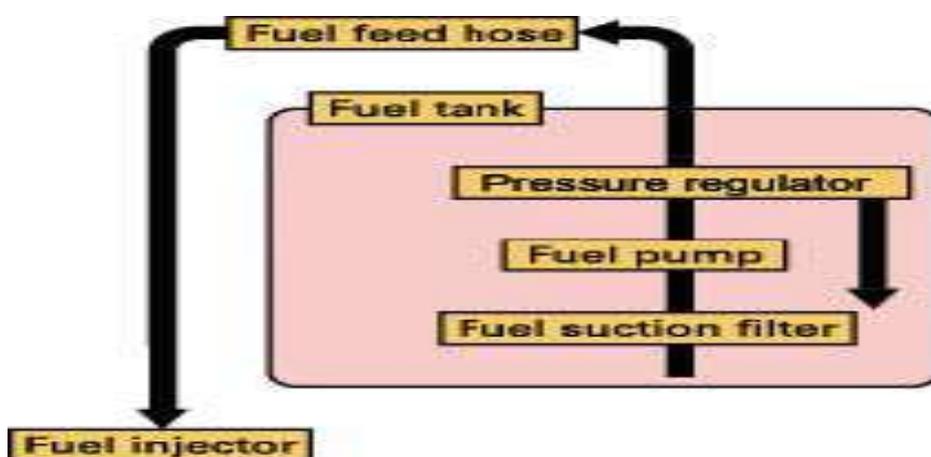
adalah gambar penempatan injektor pada *throttle body* yang di tunjukkan pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Penempatan Injektor Pada *Throttle Body*

(sumber. <https://otomotifindo.com/beberapa-sensor-mesin-injeksi-yang-harus-anda-ketahui/>)

Skema aliran sistem bahan bakar pada sistem EFI di tunjukkan pada gambar 2.5.

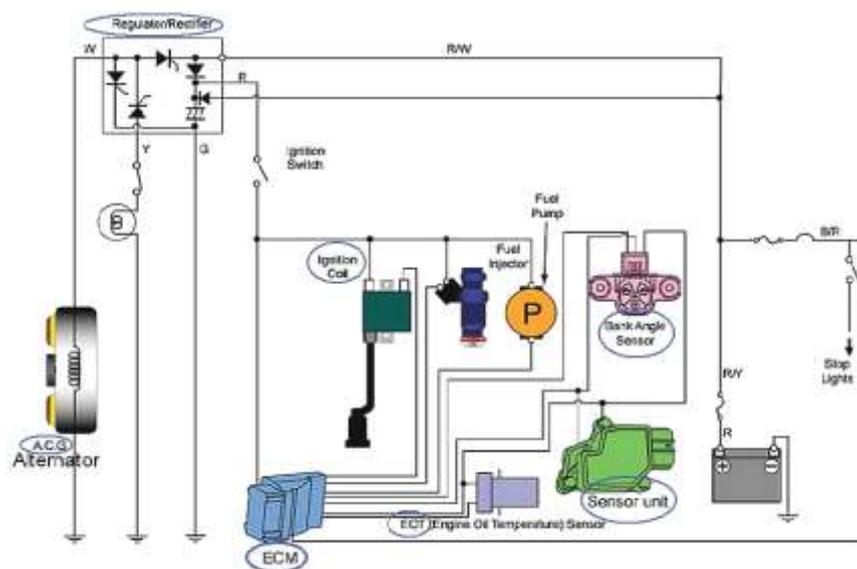


Gambar 2.5. Skema Aliran Sistem Bahan Bakar EFI

(sumber. <http://totalotomotif.com/komponen-sistem-injeksi-efi/skema-aliran-sistem-bahan-bakar-efi/>)

### 2.5.2. Sistem Kontrol Elektronik

komponen sistem pengontrol elektronik terdiri dari beberapa sensor (pengindra), seperti MAP (*Manifold Absolute Pressure*) sensor, TP (*Throttle Position*) sensor, IAT (*Intake Air Temperature*) sensor, *bank angle sensor*, EOT (*Engine Oil Temperature*) sensor, dan sensor-sensor lainnya. Pada sistem ini juga terdapat ECU (*Electronic Control Unit*) atau ECM dan komponen-komponen tambahan seperti *alternator* (magnet) dan *regulator/rectifier* yang mensuplai dan mengatur tegangan listrik ke ECU, baterai dan komponen lain. Pada sistem ini juga terdapat DLC (*Data Link Connector*) yaitu semacam soket dihubungkan dengan *engine analyzer* untuk mencari sumber kerusakan komponen. Skema rangkaian sistem kontrol elektronik di tunjukkan pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Rangkaian Sistem Kontrol Elektronik CBR 150

(sumber. [https://ilmuteknikmesinindonesia.blogspot.co.id/2016/09/sistem-bahan-bakar-injeksi-efi\\_9.html](https://ilmuteknikmesinindonesia.blogspot.co.id/2016/09/sistem-bahan-bakar-injeksi-efi_9.html))

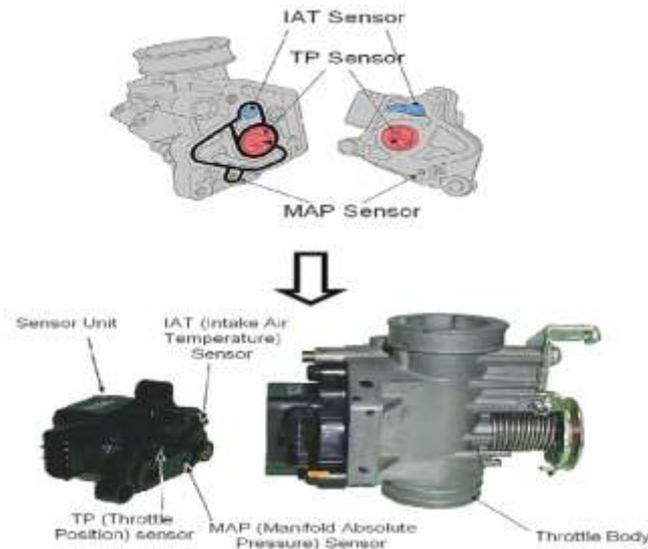
Secara garis besar fungsi dari masing-masing komponen sistem kontrol elektronik antara lain sebagai berikut;

### 1. ECU/ECM.

Sensor ini berfungsi menerima dan menghitung seluruh informasi/data yang diterima dari masing-masing sinyal sensor yang ada dalam mesin. Informasi yang diperoleh dari sensor antara lain berupa informasi tentang suhu udara, suhu oli mesin, suhu air pendingin, tekanan atau jumlah udara masuk, posisi katup *throttle*/katup gas, putaran mesin, posisi poros engkol, dan informasi yang lainnya. Pada umumnya sensor bekerja pada tegangan antara 0 volt sampai 5 volt. Selanjutnya ECU/ECM menggunakan informasi-informasi yang telah diolah tadi untuk menghitung dan menentukan saat (*timing*) dan lamanya injektor bekerja/menyemprotkan bahan bakar dengan mengirimkan tegangan listrik ke *solenoid injektor*. Pada beberapa mesin yang sudah lebih sempurna, disamping mengontrol injektor, ECU/ECM juga bisa mengontrol sistem pengapian.

### 2. MAP (*Manifold absolute pressure*) sensor.

Sensor ini berfungsi memberikan sinyal ke ECU berupa informasi (deteksi) tekanan udara yang masuk ke *intake manifold*. Sensor ini berguna agar pencampuran udara dengan kebutuhan bahan bakar menjadi lebih sempurna pada saat terjadi pembakaran di ruang bakar. Selain tipe MAP sensor, pendeteksian udara yang masuk ke *intake manifold* bisa dalam bentuk jumlah maupun berat udara. Jika jumlah udara yang dideteksi sensornya dinamakan *air flow meter*, sedangkan jika berat udara yang dideteksi, sensornya dinamakan *air mass sensor*. Skema konstruksi *manifold absolut pressure* yang menyatu dengan *throttle body* di tunjukkan pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Contoh Posisi Penempatan Sensor Yang Menyatu Dengan  
*Throttle Body*

(sumber. <https://otomotifindo.com/beberapa-sensor-mesin-injeksi-yang-harus-anda-ketahui/>)

### 3) IAT (*Engine air temperature*) sensor.

Sensor ini berfungsi memberikan sinyal ke ECU berupa informasi (deteksi) tentang suhu udara yang masuk ke *intake manifold*. Tegangan referensi/suplai 5 Volt dari ECU selanjutnya akan berubah menjadi tegangan sinyal yang nilainya dipengaruhi oleh suhu udara masuk.

### 4) TP (*Throttle Position*) sensor.

Sensor ini berfungsi memberikan sinyal ke ECU berupa informasi (deteksi) tentang posisi katup *throttle*/katup gas. Generasi yang lebih baru dari sensor ini tidak hanya terdiri dari kontak-kontak yang mendeteksi posisi idel/langsam dan posisi beban penuh, akan tetapi sudah merupakan potensiometer (*variable resistor*) dan dapat memberikan sinyal ke ECU pada setiap keadaan beban mesin. Konstruksi generasi terakhir dari sensor posisi katup gas sudah *full elektronis*, karena yang menggerakkan katup gas adalah elektro mesin yang

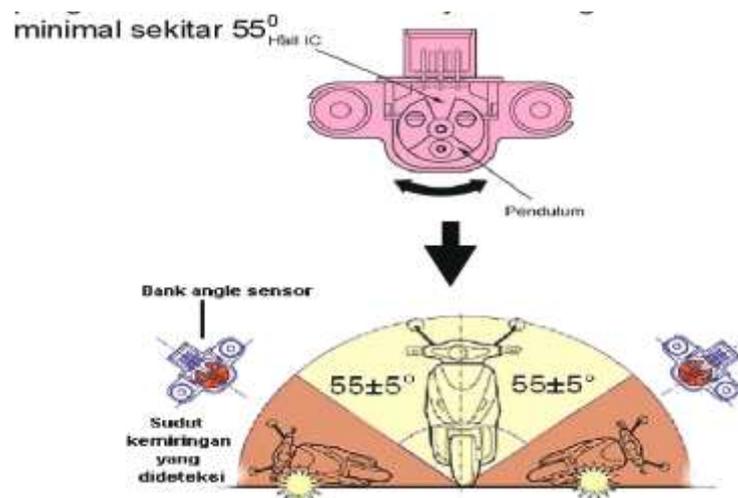
dikendalikan oleh ECU tanpa kabel gas yang terhubung dengan pedal gas. Generasi terbaru ini memungkinkan pengontrolan emisi/gas buang lebih bersih karena pedal gas yang digerakkan hanyalah memberikan sinyal tegangan ke ECU dan pembukaan serta penutupan katup gas juga dilakukan oleh ECU secara elektronik.

5) *Engine oil temperature sensor.*

Sensor ini berfungsi memberikan sinyal ke ECU berupa informasi (deteksi) tentang suhu oli mesin.

6) *Bank angle sensor.*

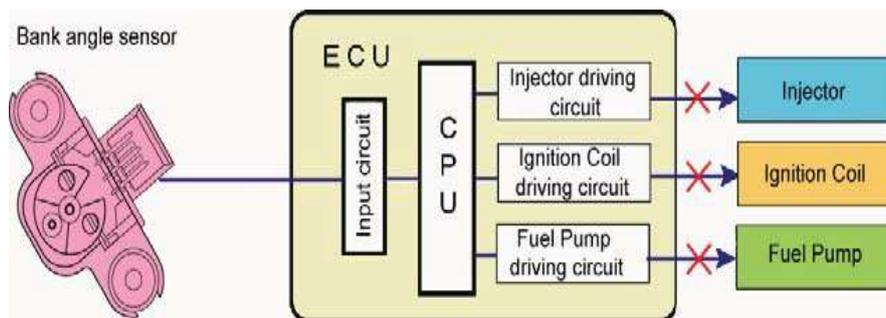
Sensor *bank angle* ini merupakan sensor sudut kemiringan. Pada sepeda motor yang menggunakan sistem EFI biasanya di lengkapi dengan *bank angle* sensor yang bertujuan untuk pengaman saat kendaraan terjatuh dengan sudut kemiringan  $55^{\circ}$ . Sistem kerja sensor *bank angle* di tunjukkan pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. *Bank Angle* Sensor dan Posisi Sudut Kemiringan Sepeda Motor (sumber. <http://totalotomotif.com/sistem-kontrol-elektronik-pada-sistem-efi/>)

Sinyal atau informasi yang dikirim *bank angle* sensor ke ECU saat sepeda motor terjatuh dengan sudut kemiringan yang telah ditentukan akan membuat ECU memberikan perintah untuk mematikan (meng-OFF-kan) injektor, koil

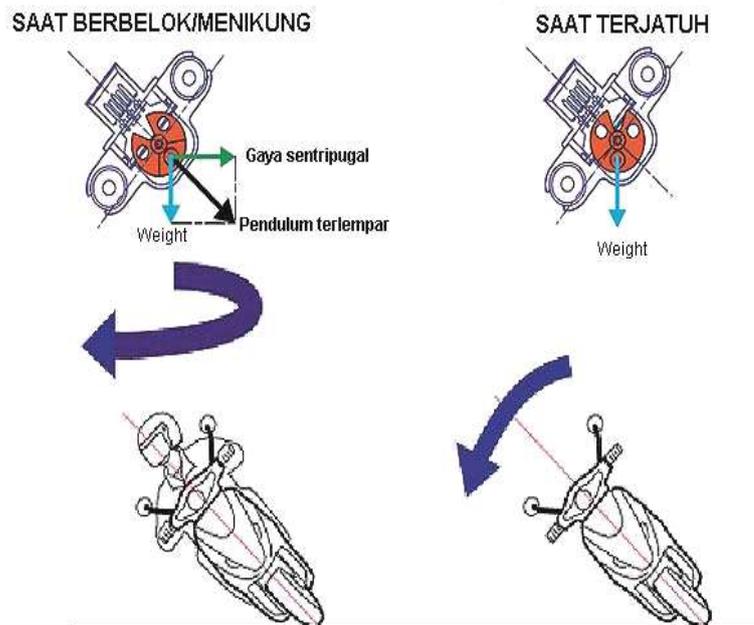
pengapian, dan pompa bahan bakar. Dengan demikian peluang terbakarnya sepeda motor jika ada bahan bakar yang tercecer atau tumpah akan kecil karena sistem pengapian dan sistem bahan bakar langsung dihentikan walaupun kunci kontak masih dalam posisi ON. Skema aliran kerja sistem *bank angle* dengan ECU di tunjukkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Sinyal atau informasi *bank angle* sensor ke ECU

(sumber. <http://www.laskar-suzuki.com/2012/07/mengenal-tip-over-sensor-pada-sistem.html> )

*Bank angle* sensor akan mendeteksi setiap sudut kemiringan sepeda motor. Jika sudut kemiringan masih di bawah limit yang ditentukan, maka informasi yang dikirim ke ECU tidak sampai membuat ECU meng-OFF-kan ketiga komponen di atas. Jika sepeda motor sedang dijalankan pada posisi menikung (walau kemiringannya melebihi  $55^{\circ}$ ), ECU tidak meng-OFF-kan ketiga komponen tersebut. Pada saat menikung terdapat gaya *centripugal* yang membuat sudut kemiringan pendulum dalam *bank angle* sensor tidak sama dengan kemiringan sepeda motor. Posisi sensor *bank angle* saat menikung atau terjatuh di tunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Posisi *Bank Angle Sensor* Saat Sepeda Motor Menikung dan Saat Terjatuh

(sumber. <http://www.teknik-otomotif.com/2016/09/bank-angle-sensor-pada-kendaraan-injeksi.html> )

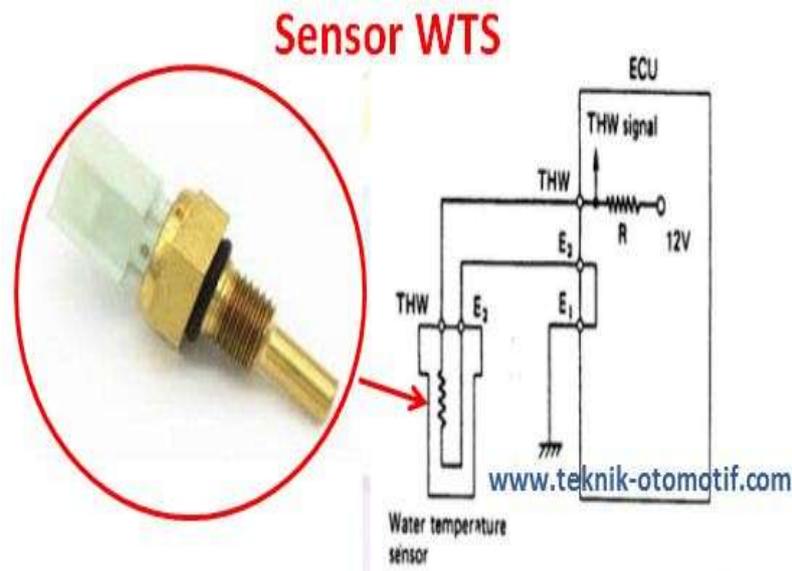
Dengan demikian, walaupun sudut kemiringan sepeda motor sudah mencapai  $55^{\circ}$ , tapi dalam kenyataannya sinyal yang dikirim ke ECU masih mengindikasikan bahwa sudut kemiringannya masih di bawah  $55^{\circ}$  sehingga ECU tidak meng-OFF-kan ketiga komponen tersebut. Selain sensor-sensor di atas masih terdapat sensor lainnya digunakan pada sistem EFI, seperti sensor posisi *camshaft* poros nok (*camshaft position sensor*) untuk mendeteksi posisi poros nok agar saat pengapiannya bisa diketahui, sensor posisi poros engkol (*crankshaft position sensor*) untuk mendeteksi putaran poros engkol, sensor air pendingin (*water temperature sensor*) untuk mendeteksi air pendingin di mesin dan sensor lainnya. Namun demikian, pada sistem EFI sepeda motor yang masih sederhana, tidak semua sensor dipasang.

### 7. Sensor ECT (*engine coolant temperature*)

Suhu mesin pendingin (ECT) sensor adalah sensor yang relatif sederhana yang memonitor suhu internal mesin. Pendingin di dalam blok mesin dan kepala silinder menyerap panas dari silinder ketika mesin sedang berjalan. Sensor pendingin mendeteksi perubahan suhu dan sinyal *Control Module Powertrain* (PCM) sehingga dapat mengetahui apakah mesin dingin, pemanasan, pada suhu operasi normal atau *overheating*. Sensor pendingin sangat penting karena masukan sensor untuk PCM mempengaruhi strategi operasi dari seluruh sistem manajemen mesin. Itu sebabnya sensor pendingin sering disebut sensor "master". sensor ini digunakan untuk mengukur suhu pendingin mesin pembakaran internal. Pembacaan dari sensor ini kemudian makan kembali ke unit kontrol mesin (ECU), yang menggunakan data ini untuk menyesuaikan injeksi bahan bakar dan waktu pengapian.

Pada beberapa kendaraan sensor juga dapat digunakan untuk menyalakan kipas pendingin listrik. Sensor ECT merupakan salah satu dari sensor-sensor yang ada pada mesin EFI. Letak dari sensor ECT ini yaitu di tempatkan di blok mesin atau pada rumah *thermostat* bagian bawah. Sensor ini menggunakan komponen elektronika yaitu *thermistor tipe NTC (Negative Temperature Coefisien)*, yaitu bekerjanya sensor ini adalah ketika suhu air pendingin naik maka tahanan atau resistansi pada sensor ini akan menurun dan sebaliknya bila suhu air ECT pendingin ini turun maka tahanan atau resistansi pada sensor ini akan naik. Sensor dihubungkan ke ECU (*Engine Control Unit*), ECU akan memberikan signal tegangan sumber sebesar 5 volt ke sensor melalui terminal THW. Tegangan output dari sensor WTS ini akan berubah-ubah besarnya sesuai dengan nilai tahanan atau resistansi yang ada pada sensor WTS ini, kemudian *output signal sensor WTS* ini (pada terminal E2) akan dikirim kembali ke ECU dan akan menjadi signal inputan ECU yang nantinya akan digunakan sebagai

data masukkan untuk mengontrol aktuator-aktuator pada mesin EFI. Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar sirkuit kelistrikan sensor ECT pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. sirkuit kelistrikan sensor ECT

(sumber:<http://www.teknik-otomotif.com/2017/03/fungsi-dan-cara-kerja-water-temperature.html>)

### 2.5.3. Sistem Induksi Udara

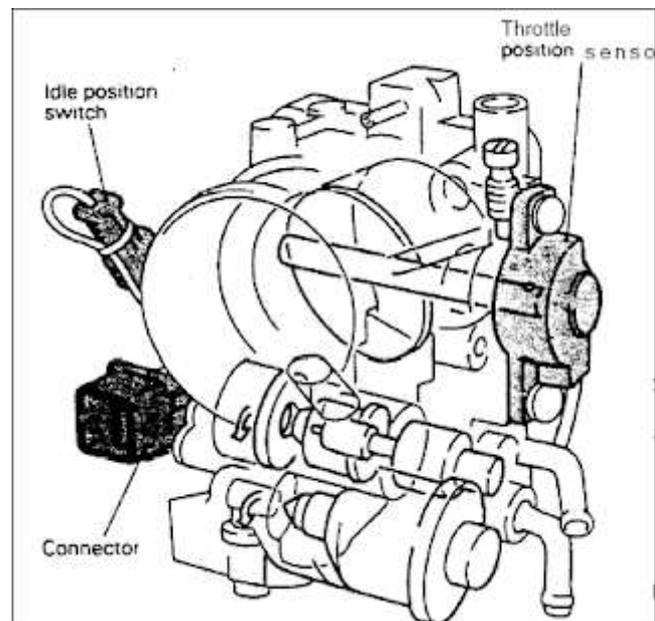
Komponen yang termasuk ke dalam sistem ini antara lain; *air cleaner/air box* (saringan udara), *intake manifold*, dan *throttle body* (tempat katup gas). *Manifold Absolute Pressure (MAP)*. *Fast Idle Air Control (FIAC)*. *Idle Air Control (IAC)*. *Idle Speed Adjusting Screw (ISAS)*. *Mass Air Flow (MAF) Heat resistor type Sensor*. Sistem ini berfungsi untuk menyalurkan sejumlah udara yang diperlukan untuk pembakaran.

#### a. *Throttle valve*

*Throttle valve* berfungsi untuk membuka dan menutup saluran utama yang dilalui udara pada *throttle body*. Digerakan oleh *acceleration pedal* (pedal gas).

b. *Throttle Position Sensor (TPS)*

*Throttle Position Sensor (TPS)* adalah sensor pada sistem EFI yang berfungsi mendeteksi bukaan *throttle valve* dengan menggunakan potensiometer. *Throttle Position Sensor* terletak menempel pada *throttle body* dan wujudnya adalah potensiometer (*variable resistor*) yang dihubungkan dengan poros *throttle valve*, untuk mendeteksi posisi bukaan katup gas (*throttle valve*) tersebut secara akurat, dengan outputnya adalah tegangan 0 – 5 volt yang dikirim ke *Electrical Control Unit (ECU)*. Berikut ini adalah posisi *throttle valve* yang di tunjukkan pada gambar 2.12.

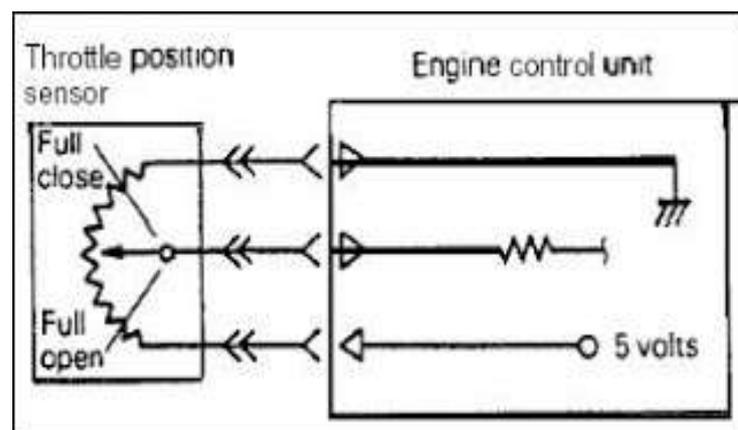


Gambar 2.12. gambar posisi *throttle valve* pada *throttle position sensor*

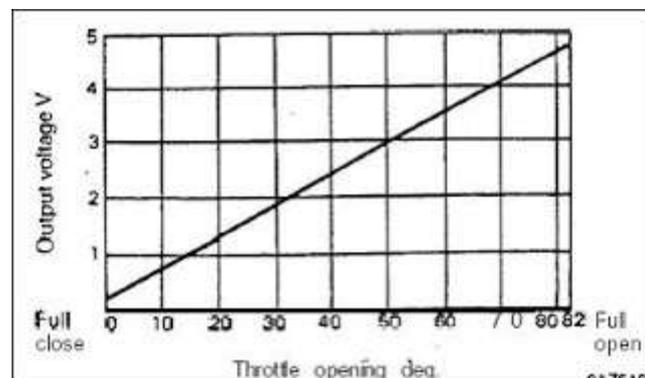
(sumber. <http://www.teknik-otomotif.com/2017/03/fungsi-dan-cara-kerja-water-temperature.html> )

*Throttle position sensor (TPS)* adalah sebuah potensiometer yang secara konstan mengirim berbagai sinyal bertegangan ke ECU. Potensiometer adalah semacam resistor yang mengubah gerakan mekanik menjadi sebuah voltage.

Pada *Throttle Position Sensor*, voltage ini berhubungan langsung dengan throttle valve position. Ketika pengemudi menekan pedal gas, maka *Throttle Valve* terbuka. Setelah *Throttle Valve* terbuka, sinyal bertegangan tinggi dikirim dari *Throttle Position Sensor* ke ECU. Informasi yang diterima ECU diterjemahkan sebagai *Acceleration Mode* dan *Decceleration Mode*. Berikut adalah gambar skema *throttle position sensor* terhadap ECU yang di tunjukkan pada gambar 2.13. dan 2.14.



Gambar 2.13. Skema *Throttle Position Sensor* terhadap ECU



Gambar 2.14. *out put* bukaan tps terhadap bukaan *throttle valve*

(sumber. <http://www.teknik-otomotif.com/2017/03/fungsi-dan-cara-kerja-water-temperature.html> )

*Throttle Position Sensor* terdiri atas 2 tipe :

- a. *Throttle Position Sensor Rotary*
- b. *Throttle Position Sensor Linear*

Kedua tipe ini mempunyai sebuah koil yang kabelnya mempunyai perlawanan terhadap material lain. Kabel paling akhir dihubungkan ke massa. Kabel yang lain dihubungkan ke *reference voltage* 5 volt (V REF) dari ECM. Sebuah *slide* atau *wiper blade* dihubungkan ke poros throttle valve dan bergerak sepanjang koil selama perubahan *throttle position*. Sejatinya kedua sensor ini mempunyai fungsi yang sama yaitu mendeteksi bukaan gas pada saat akselerasi yang kemudian memberikan sinyal kepada ECU, yang kemudian ECU memberikan perintah kepada injektor untuk menyemprotkan bahan yang lebih banyak sesuai dengan kebutuhan mesin. Kedua tipe TPS dapat dilihat pada gambar 2.15. dan 2.16.





Gambar 2.15. dan 2.16. Dua tipe *Throttle Position Sensor*, *Rotary* dan *Linear* .

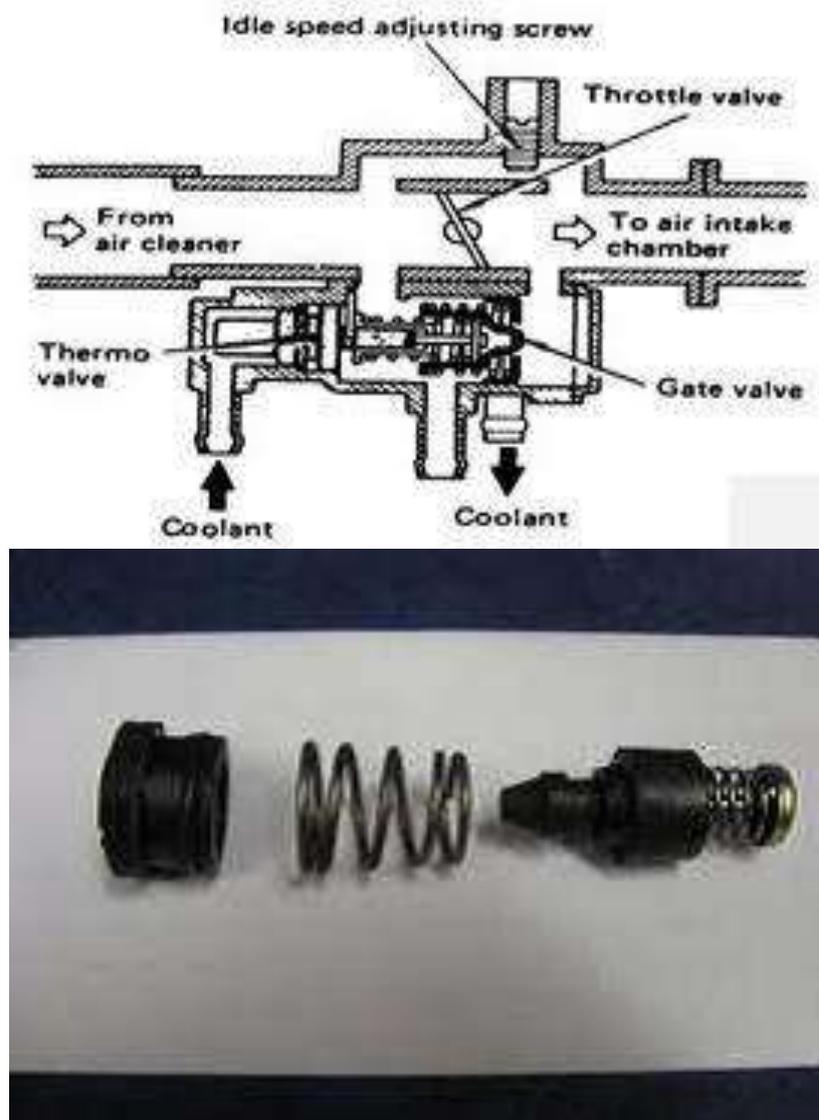
(sumber. <http://www.teknik-otomotif.com/2017/03/fungsi-dan-cara-kerja-water-temperature.html> )

c. *Fast Idle Air Control* (FIAC).

*Fast Idle Air Control* (FIAC) berfungsi untuk menambah jumlah udara yang masuk ke saluran udara masuk (*intake air chamber*) saat katup gas (*throttle valve*) tertutup dan temperature masih dingin. Dengan bertambahnya jumlah udara masuk maka *Engine Control Modul* (ECM) akan mendeteksi dan akan menambah bahan bakar yang disemprotkan ke injeKtor sehingga putaran mesin menjadi lebih tinggi dari putaran *idle* (*Fast idle*).

*Fast Idle Air Control* terbuat dari *thermo wax* yang bekerjanya sesuai dengan temperature mesin. Jika temperatur mesin masih dingin, maka *thermo wax* belum mengembang sehingga jumlah udara yang masuk melalui saluran

bypass menjadi lebih banyak. Berikut adalah gambar thermo wax yang di tunjukkan pada gambar 2.17.



Gambar 2.17. Posisi *Thermo wax*

(sumber. <http://www.teknik-otomotif.com/2017/03/fungsi-dan-cara-kerja-water-temperature.html>)

Saat *temperature* mesin panas maka *thermo wax* akan mengembang dan saluran *bypass* akan menyempit, jumlah udara yang masuk menjadi berkurang, putaran idle.

d. *Idle Air Control* (IAC)

*Idle Air Control* (IAC) berfungsi untuk menambah atau mengurangi jumlah udara yang masuk ke *intake air chamber* saat *throttle valve* tertutup pada kondisi temperatur mesin masih dingin (*fast idle*) dan saat beban elektrik difungsikan (*idle up*). Jika beban listrik difungsikan (lampu-lampu, A/C,P/S) maka katup *Idle Air Control* akan membuka untuk menambah udara yang masuk ke *intake air chamber*. Dengan bertambahnya udara yang masuk, maka *Engine Control Modul* (ECM) akan mendeteksi dan menambah jumlah penginjeksian pada *injector*. Demikian sebaliknya, jika beban listrik tidak difungsikan maka katup *Idle Air Control* (IAC) akan menutup sehingga putaran mesin kembali ke idle.

Jika ditinjau secara konstruksinya, *Idle Air Control* (IAC) terdiri atas 2 type yaitu :

a.Type rotary valve.

b.Type stepping motor

e. *Idle Speed Adjusting Screw* (ISAS).

Umum putaran stasioner (idle) telah ditentukan oleh *Engine Control Module* (ECM), namun pada beberapa jenis mesin EFI masih menggunakan *Idle Speed Adjusting Screw* (ISAS) untuk mengatur besar kecilnya putaran stasioner (*idle*) secara manual. Jika pada karburator, *Idle Speed Adjusting Screw* (ISAS) disetel untuk mempengaruhi besar kecilnya pembukaan katup gas (*throttle*), maka pada mesin EFI/EPI, ISAS disetel untuk mempengaruhi besar kecilnya udara yang masuk ke *intake air chamber* saat idle.

f. *Mass Air Flow* (MAF) Sensor.

*Mass Air Flow* (MAF) berfungsi mendeteksi jumlah udara yang masuk ke *intake air chamber*. Jika ditinjau secara konstuksinya, MAF sensor terbagi atas 3 jenis (type) :

a. *Measuring Plat Type*

b. *Measuring Core Type H*

c. *Heat Resistor Type*.

a. *Measuring plat type*.

Sensor ini terdiri dari plat pengukur, pegas pengembali dan potensiometer. Udara yang masuk ke *intake air chamber* akan dideteksi dengan gerakan membuka dan menutupnya plat pengukur. Plat pengukur ini ditahan oleh sebuah pegas pengembali. Plat pengukur dan potensiometer bergerak pada poros yang sama, sehingga sudut membukanya plat pengukur akan merubah nilai tahanan potensiometer. Variasi nilai tahanan ini akan dirubah menjadi output voltase sensor ke ECM sebagai dasar untuk menentukan banyaknya jumlah udara yang masuk ke *intake air chamber*.

b. *Measuring core type H*.

*Air flow meter* terdiri dari inti pengukur, pegas pengembali, potensiomete, rumah dan lain-lain. Terpasang diantara saringan udara dan *intake manifold*. Sensor ini mendeteksi jumlah udara yang masuk ke dalam mesin dan mengirim informasi ke ECM sebagai sinyal voltase. ECM menggunakan sinyal ini sebagai salah satu input ke ECM untuk mengontrol besaran penginjeksian. *Measuring core* bergerak kea rah samping sebanding dengan jumlah udara yang masuk. Pada posisi tersebut atau

jumlah udara yang masuk dideteksi oleh potensiometer yang dipasang pada *measuring core*.

Pada type ini, sensor jumlah udara masuk menjadi satu unit dengan sensor temperatur udara masuk. Voltase referensi 5 volt dari ECM digunakan pada sensor jumlah masuk dan sensor temperatur udara masuk. Ketika slider potensiometer bergerak melalui resistor sesuai dengan jumlah udara masuk (besarnya aliran udara masuk) sinyal voltase yang keluar ke ECM bervariasi sesuai pergerakan *slider*.

g. *Heat resistor type*.

*Heat resistor type* sebagai komponen dasarnya saat ini hampir digunakan pada semua jenis kendaraan efi/epi. *Heat resistor* mempunyai sifat dapat berubah nilai tahanannya apabila temperatur di permukaan resistor berubah. Perubahan temperatur pada permukaan resistor diakibatkan oleh gerakan aliran udara yang melewati permukaan *heat resistor*. Variasi tahanan ini akan dirubah dalam bentuk variasi voltase yang akan dikirim ke ECM sebagai dasar untuk menentukan banyaknya udara yang masuk ke *intake air chamber*. Sensor tipe ini biasanya terdapat 3 jenis kabel yaitu kabel input dari ECM (12 volt), output dari sensor ke ECM (variasi 0 – 5 volt), dan kabel massa sensor yang akan dimassakan ke bodi kendaraan.

h. *Manifold Absolute Pressure (MAP)*

*Manifold Absolute Pressure (MAP)* adalah sensor yang mendeteksi tekanan udara yang masuk ke *intake air chamber* sebagai dasar penghitungan jumlah udara melalui IC (*integrated circuit*) yang terdapat di dalam sensor ini. MAP sensor menghasilkan sinyal tegangan yang segera dikirim ke ECM. Oleh ECM sinyal tegangan ini digunakan untuk menentukan basic *injection time*. MAP

sensor terdiri dari semi konduktor *type pressure converting element* yang berfungsi merubah fluktuasi tekanan *manifold* menjadi perubahan tegangan dan IC yang memperkuat perubahan tegangan. Pada MAP sensor jug terdapat 3 jenis kabel yaitu input 5 volt (*reference voltase*) dari ECM, Ground dan output dari sensor ke ECM bervariasi antara 0- 5 volt.