

BAB II

KAJIAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Sistem Bahan Bakar Injeksi

Sistem bahan bakar injeksi atau EFI merupakan langkah inovasi yang sedang dikembangkan untuk diterapkan pada kendaraan bermotor saat ini, sistem bahan bakar EFI dimaksudkan agar dapat meningkatkan kinerja mesin supaya power yang dihasilkan lebih baik, akselerasi yang lebih responsif stabil pada setiap putaran, pemakaian bahan bakar yang lebih efisien dan menghasilkan emisi gas buang yang lebih rendah sehingga lebih ramah lingkungan.

Sistem bahan bakar injeksi atau *EFI* dapat digambarkan sebagai suatu sistem penyalur bahan bakar yang memanfaatkan pompa bahan bakar pada tekanan tertentu untuk merubah bentuk bahan bakar cair menjadi bentuk gas dan mencampurnya dengan udara yang kemudian masuk ke dalam ruang bakar melalui injektor yang pada umumnya diletakkan di bagian ujung *intake manifold*. Pada saat katup masuk terbuka yaitu pada langkah hisap, sehingga udara yang masuk dapat bercampur dengan bahan bakar. (Wahyu D. H: 2013)

Secara ideal, sistem bahan bakar injeksi (EFI) harus dapat menyuplai bahan bakar yang disemprotkan dari injektor agar dapat dengan mudah bercampur dengan udara dan menghasilkan campuran yang homogen dalam perbandingan campuran yang tepat sesuai dengan putaran dan beban mesin, kebutuhan mesin, dan kondisi antara suhu mesin dengan suhu atmosfer saat itu. Sistem juga harus dapat menyuplai bahan bakar yang bervariasi, dengan jumlah

yang sesuai dalam berbagai kondisi mesin, agar setiap perubahan kondisi kerja mesin tersebut dapat tercapai dengan kinerja mesin yang optimal (Sutiman: 2005).

Perbandingan udara dan bahan bakar atau AFR (*Air Fuel Ratio*) yang ideal disebut juga dengan perbandingan *stoichiometric* yang mana perbandingannya adalah 14,7 gr udara dengan 1 gr bahan bakar. Apabila perbandingan bahan bakar atau AFR lebih dari 14,7 gr maka campuran tersebut adalah campuran kurus/miskin dan apabila perbandingan bahan bakar atau AFR kurang dari 14,7 gr, maka disebut dengan campuran gemuk/kaya (Sutiman: 2005).

Tabel 1. Perbandingan AFR dengan Kondisi Mesin (Sutiman: 2005)

No	Kondisi Kerja Mesin	AFR	No	Kondisi Kerja Mesin	AFR
1	Start Temperatur Dingin	2-3 : 1	6	Putaran Maks.	12-13 : 1
2	Start Temperatur Panas	7-8 : 1	7	Putaran Sedang	15-17 : 1
3	Saat Idling	8-10 : 1	8	Tenaga Optimal	12-13 : 1
4	Kecepatan Rendah	10-12 : 1	9	Emisi Rendah	15: 1
5	Akselerasi	2-3 : 1	10	Bahan Bakar Ekonomis	16-17 : 1

Perbandingan udara dan bahan bakar tersebut bergantung dari temperatur dan kondisi kerja mesin. Perbandingan campuran saat menghidupkan mesin berbeda dengan perbandingan campuran saat putaran idling, saat putaran lambat, maupun saat putaran dipercepat.

Perbandingan antara udara yang terpakai didalam proses pembakaran dengan kebutuhan udara teoritis disebut dengan faktor lambda (λ), adapun perhitungan lambda (λ) menurut Sutiman (2005) yang dapat dirumuskan :

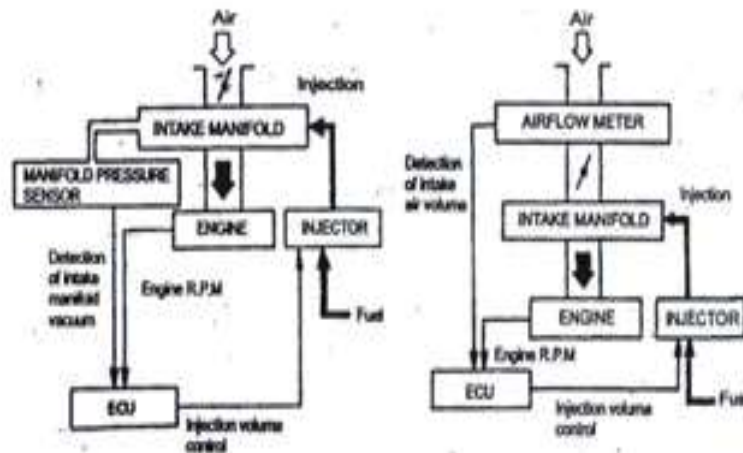
$$\lambda = \frac{\text{Jumlah udara sesungguhnya}}{\text{teori stoichiometric}}$$

Jika jumlah udara sesungguhnya 14,7 , maka : $\lambda = \frac{14,7}{14,7:1} \rightarrow \lambda = 1$

Rumus diatas menunjukkan bahwa campuran yang ideal atau *stoichiometric* menghasilkan lambda (λ) = 1, berarti apabila lambda (λ) > 1 menunjukkan bahwa campuran kurus (lebih banyak udara), sedangkan apabila lamda (λ) < 1 maka disebut campuran kaya (kekurangan udara). Pemahaman mengenai nilai lambda (λ) ini memudahkan dalam menyatakan kondisi campuran yang masuk ke dalam ruang bakar, serta menganalisis kondisi mesin dengan cepat.

2. Konstruksi Dasar Sistem EFI

Secara umum sistem injeksi kontrol elektronik dikelompokkan menjadi dua, yaitu : L *jetronik* dan D *jetronik*. Pada sistem bahan bakar injeksi kontrol elektronik tipe L Jetronik menggunakan ECU sebagai pengontrol injeksi bahan bakar berdasarkan jumlah aliran udara yang masuk ke dalam silinder yang terukur atau terdeteksi oleh sensor *Air Flow Meter*. Kode L berasal dari bahasa jerman "*Luft*" yang berarti udara. Sedangkan pengontrol injeksi bahan bakar berdasarkan tekanan udara yang masuk kedalam silinder yang terdeteksi oleh sensor MAP berarti tekanan (Moch.Solikin: 2005)



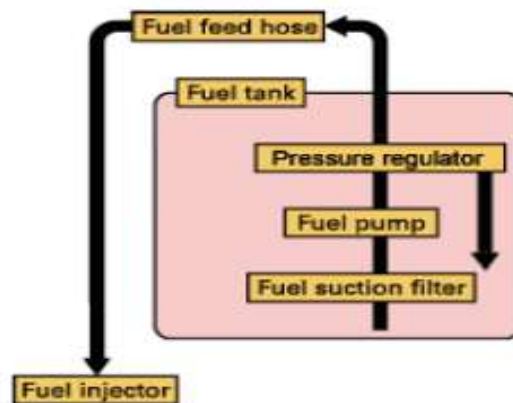
Gambar 1. EFI D-jetronik dan L-jetronik (Moch.Solikin: 2005)

Jumlah komponen-komponen sistem yang terdapat pada sistem EFI dapat berbeda antara mesin satu dengan yang lain dengan semakin lengkapnya komponen-komponen sistem EFI seperti sensor dan *actuator*, maka pengaturan koreksi yang diperlukan untuk mengatur koreksi campuran bahan bakar dan udara akan semakin baik sehingga bisa menghasilkan output kerja mesin yang optimal.

Konstruksi sistem EFI dapat dibagi menjadi tiga bagian/sistem utama yaitu: sistem bahan bakar, sistem kontrol elektronik dan sistem induksi pemasukan udara. Ketiga sistem utama ini sangat berperan penting dalam sistem EFI untuk menghasilkan penting untuk menghasilkan pemakaian bahan bakar yang efisien, emisi yang rendah dan kerja mesin yang optimal. Untuk lebih jelasnya ketiga sistem utama ini akan dibahas satu persatu, yakni:

a. Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar pada EFI merupakan sistem yang berfungsi untuk menampung bahan bakar, menyuplai bahan bakar pada tekanan tinggi, mengatur tekanan bahan bakar, sehingga siap diinjeksikan.



Gambar 2. Aliran Sistem Bahan Bakar Pada EFI (Anonim: 2011)

Komponen-komponen yang digunakan pada sistem bahan bakar ini diantaranya adalah tangki bahan bakar, pompa bahan bakar, saringan bahan bakar, pipa bahan bakar, regulator tekanan, dan injektor/penyemprot bahan bakar.

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

- a) Tangki bahan bakar (*fuel tank*) berfungsi sebagai tempat penampungan sementara bahan bakar yang dibutuhkan oleh mesin.
- b) Pompa bahan bakar (*fuel pump*) berfungsi untuk memompa dan mengalirkan bahan bakar dari tangki bahan bakar ke injektor bertekanan tinggi. Jumlah bahan bakar yang disalurkan ke injektor harus lebih banyak dibandingkan dengan kebutuhan mesin, hal ini

bertujuan agar tekanan dalam sistem bahan bakar dapat selalu dipertahankan meskipun kondisi mesin berubah-ubah.

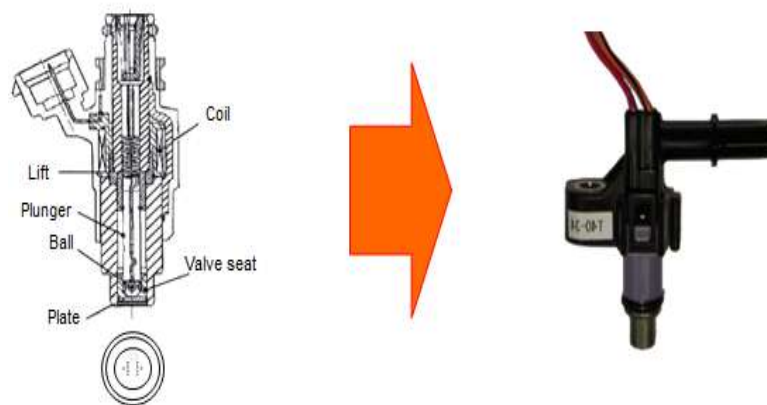
- c) Saringan bahan bakar (*fuel suction filter*) berfungsi untuk menyaring kotoran yang mungkin terkandung dalam bahan bakar agar tidak ikut terhisap oleh pompa bahan bakar (*fuel pump*) dan menyumbat injektor.
- d) Regulator tekanan (*pressure regulator*) berfungsi mengatur tekanan bahan bakar di dalam sistem aliran bahan bakar agar selalu sama/konstan pada tekanan tertentu, bila tekanan pada bahan bakar yang dipompa melebihi batas tekanan, maka regulator tekanan akan mengembalikan bahan bakar tersebut ke dalam tangki bahan bakar.



Gambar 3. Pompa Bahan Bakar Assy Sepeda Motor.(Anonim: 2011)

- e) Pipa bahan bakar (*fuel feed hose*) berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar yang telah dipompa oleh pompa bahan bakar (*fuel pump*) dari tangki bahan bakar menuju ke injektor. *Fuel feed hose* dirancang harus tahan terhadap tekanan dari bahan bakar yang memiliki tekanan cukup besar akibat dipompa oleh pompa bahan bakar (*fuel pump*).

f) Injektor berfungsi untuk mengabutkan bahan bakar dan menyembrotkan bahan bakar tersebut ke saluran masuk (*intake manifold*), pada umumnya sebelum katup masuk. Jumlah bahan bakar yang diinjeksikan tergantung dari tekanan bahan bakar, besarnya lubang pada injektor, dan lamanya injektor tersebut membuka. Setiap injektor yang digunakan pada mesin injeksi sepeda motor memiliki konstruksi yang tidak selalu sama.



Gambar 4. Konstruksi Injektor(Anonim: 2011)

b. Sistem Kontrol Elektronik

Sistem kontrol elektronik terdiri dari beberapa sensor dan aktuator yang berfungsi untuk menyajikan dan memberikan daya mesin yang optimal melalui sistem kerja yang akurat mengontrol jumlah penginjeksian bahan bakar dan timing pengapian di sesuaikan dengan kondisi mesin untuk menghasilkan emisi gas buang yang seminimal mungkin, penggunaan bahan bakar yang efisien untuk menghasilkan pengendalian yang optimal pada semua kondisi kerja mesin,

meminimalkan penguapan bahan bakar serta menyediakan sistem diagnosis untuk mengevaluasi sistem kerja dan kondisi perangkat perangkat pendukungnya bila terjadi permasalahan-permasalahan yang tidak dikehendaki pada sistem ini.

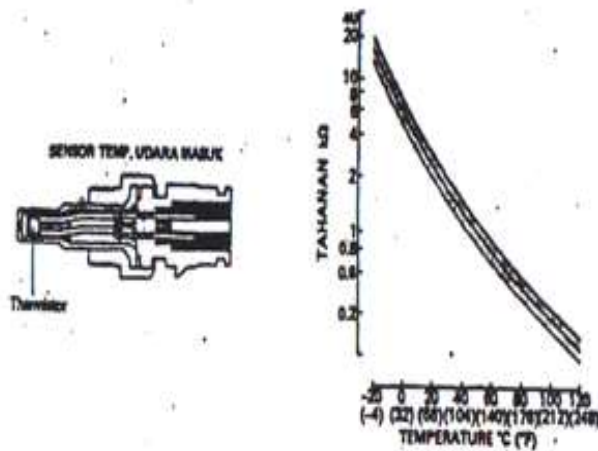
Sistem kontrol elektronik terdiri dari beberapa komponen yang bekerja untuk mendeteksi kondisi mesin, diantaranya adalah IAT (*Intake Air Temperature*) sensor, sensor MAP (*Manifold Absolute Pressure*), TPS (*Throttle Positionsensor*), EOT (*Engine Oil Temperature*), CKP (*Crankshaft Position*), *bank anglesensor*, O₂ (*Oxygensensor*) dan sensor-sensor lainnya. Setiap sepeda motor dengan teknologi injeksi tidak semuanya memiliki kelengkapan jumlah dan macam sensor yang sama, tergantung pada jenis dan spesifikasi dari sepeda motor tersebut.

Pada sistem kontrol elektronik terdapat ECU (*Electronic Control Unit*) yang merupakan pusat dari sistem bahan bakar injeksi, serta komponen-komponen tambahan lainnya seperti baterai, lampu indikator kerusakan sistem injeksi atau MIL (*Malfunction Indicator Lamp*), alternator (magnet), dan regulator/*rectifier* yang menyuplai dan mengatur aliran arus listrik ke ECU, serta komponen pelengkap lain. Pada sistem kontrol elektronik ini juga terdapat DLC (*Data Link Conector*) yaitu semacam socket yang fungsinya untuk mencari sumber kerusakan komponen saat dihubungkan dengan *engine analyzer* (Sutiman: 2005).

Secara garis besar fungsi dari masing-masing komponen dalam sistem kontrol elektronik tersebut antara lain adalah :

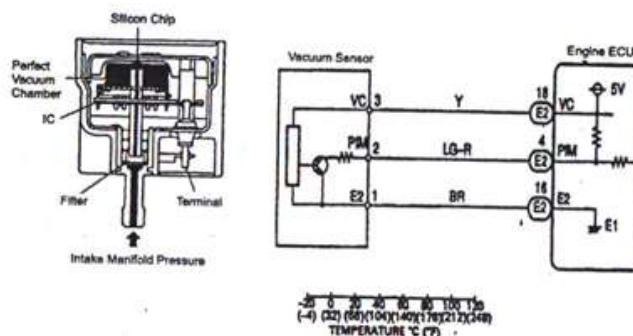
a) *Electronic Control Unit* adalah *microcomputer* yang berfungsi mengkoreksi, menghitung dan menerima seluruh informasi/data atau sinyal yang diterima dari masing-masing sensor yang ada dalam mesin. Informasi yang diterima tersebut antara lain berupa informasi mengenai temperatur udara, temperatur pelumas mesin, temperatur cairan pendingin mesin, tekanan atau jumlah udara yang masuk, posisi bukaan *throttle* gas, putaran mesin, posisi poros engkol, dan informasi lainnya. Kemudian ECU akan mengolah menggunakan informasi/data-data tersebut untuk mengkoreksi dan menentukan saat pengapian (*timing*) serta lamanya injektor menyemprotkan bahan bakar dengan mengirimkan arus listrik ke solenoid injektor. Pada beberapa sistem injeksi yang lebih baik, selain mengontrol penginjeksian, ECU juga berfungsi mengontrol sistem pengapian (Sutiman: 2005).

b) *Intake Air Temperatur* adalah sensor yang dipasang pada *throttle body*, berfungsi untuk mendeteksi temperatur udara yang masuk ke dalam silinder mesin. *Intake air temperaturesensor* adalah sebuah *thermistor*, yaitu resistor yang nilai tahanannya dapat berubah-ubah sesuai temperatur. Jenis *thermistor* yang digunakan adalah *Negative Temperature Coefficient* (NTC) dimana cara kerjanya adalah semakin tinggi temperatur semakin rendah nilai resistornya (Moch.Solikin: 2005).



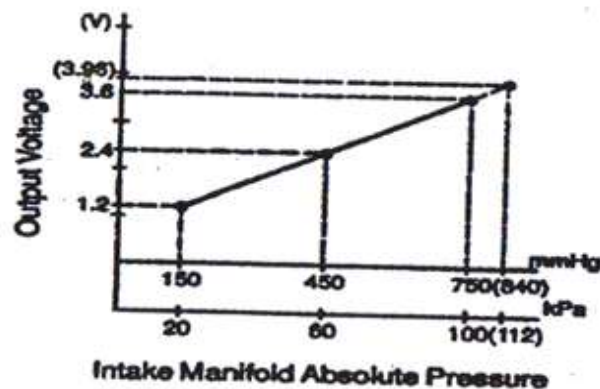
Gambar 5. Konstruksi dan Nilai Tahanan *Intake Air Temperature* Sensor (Moch.Solikin: 2005)

- c) *Manifold Absolute Pressure* Sensor adalah sensor yang berfungsi mengukur jumlah udara yang masuk ke dalam silinder mesin berdasarkan tekanan udara pada *intake manifold*. MAP sensor juga disebut *vacuumsensor* atau *Pressure Intake Manifold* (PIM) sensor, MAP sensor adalah *piezoresistive silicon chip* yang mana nilai tahanannya dapat berubah-ubah karena perubahan tekanan dan sebuah *Integrated Circuit* (IC). MAP dihubungkan ke *intake manifold* dengan menggunakan lubang kecil dibawah *throttle body*. (Moch.Solikin: 2005).



Gambar 6. MAP Sensor dan Rangkaianannya(Moch.Solikin: 2005)

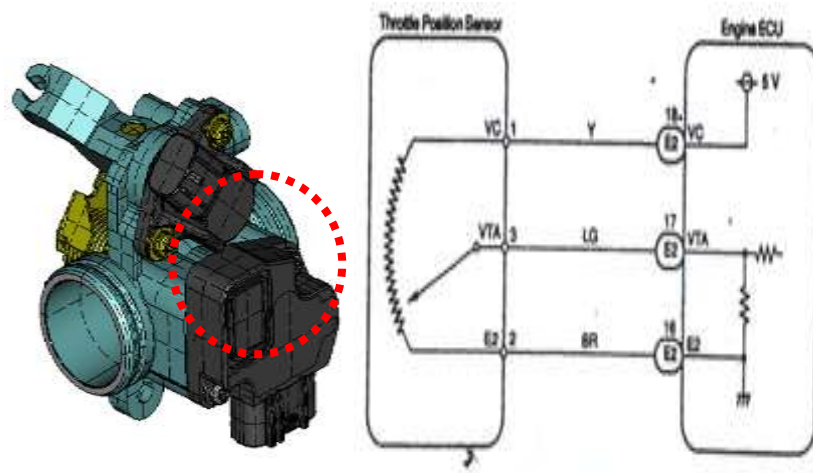
Semakin besar kevakuman (semakin rendah tekanan) pada *intake manifold* maka nilai tahanan pada MAP Sensor lebih tinggi, sehingga tegangan pada terminal MAP Sensor semakin kecil. Hubungan terminal MAP Sensor dengan tekanan pada *intake manifold* adalah sebagai berikut:



Gambar 7. Hubungan Output Voltage MAP Sensor dengan tekanan pada

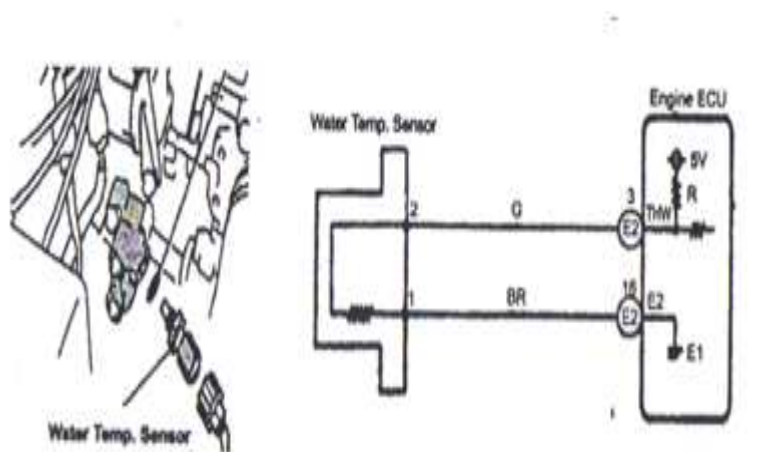
Intake Manifold (Moch.Solikin: 2005)

- d) *Throttle Position sensor* merupakan sensor yang dipasang pada *throttle body* yang berfungsi untuk mendeteksi posisi bukaan katup gas (*throttle valve*). TPS sensor adalah sebuah potensiometer (*variable resistor*) yang mana nilai tahananannya berubah-ubah sebanding dengan perubahan bukaan *throttle* (Nono Budiarto: 2007).



Gambar 8. *Throttle Position sensor* dan Rangkaiannya (Anonim)

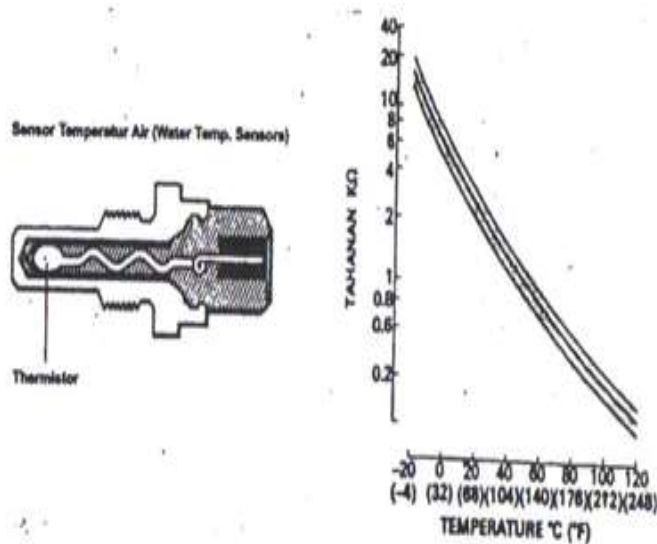
- e) *Water Temperatur sensor* merupakan sensor yang bekerja mendeteksi temperatur dari cairan pendingin mesin kemudian mengirim data tersebut ke ECU, umumnya WTS digunakan pada mesin injeksi dengan tipe pendingin menggunakan cairan.



Gambar 9. *Water Temperatur Sensor* dan Rangkaiannya (Moch.Solikin: 2005)

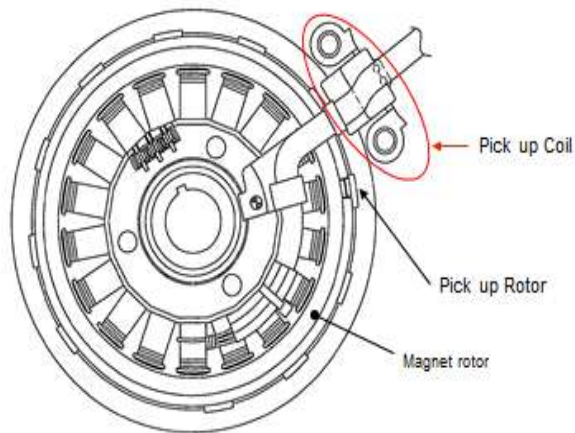
Sama halnya dengan IATS, WTS merupakan *thermistor* yang nilai tahanannya berubah sesuai temperatur, jenis *thermistor* yang digunakan

adalah *Negative Temperature Coefficient (NTC)* yaitu semakin tinggi temperatur semakin rendah nilai resistor. Konstruksi WTS dan hubungan temperatur dengan nilai tahanan resistor (Moch.Solikin: 2005).



Gambar 10. Konstruksi WTS dan Hubungan Temperatur Dengan Nilai Tahanan (Moch.Solikin: 2005)

f) *Crankshaft Position sensor* merupakan sensor yang berfungsi mendeteksi posisi poros engkol, CKP akan selalu mengirimkan informasi/sinyal ke ECU, kemudian ECU akan mengolah data tersebut dan menentukan kapan waktu pengapian dan kapan waktu penginjeksian bahan bakar.

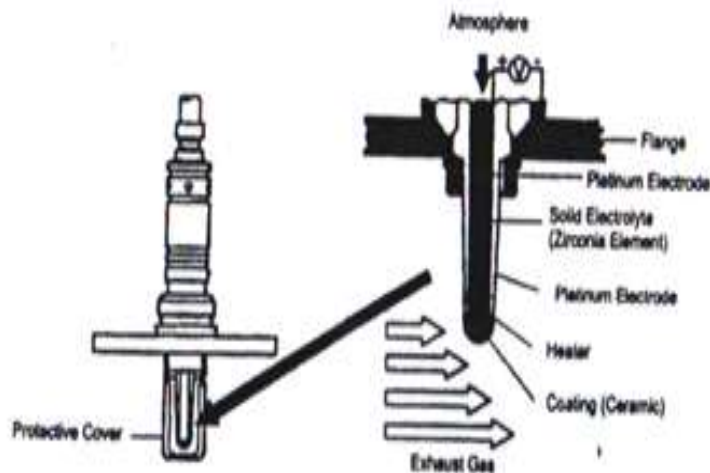


Gambar 11. CKP (*Crankshaft Position sensor*)(Anonim)

g) *Bank Angle* sensor adalah sensor yang berfungsi untuk mendeteksi kemiringan sepeda motor. ECU (*Electronic Control Unit*) akan mematikan signal ke injektor, koil pengapian dan juga pompa bahan bakar apa bila kendaraan dalam posisi kemiringan lebih dari $55^{\circ} \pm 5^{\circ}$, sehingga mesin motor otomatis akan mati. Dengan adanya *bank angle* sensor memungkinkan mesin kendaraan segera mati bila pengendara terjatuh. Tetapi pada saat sepeda motor berbelok hingga sudut kemiringannya melebihi $55^{\circ} \pm 5^{\circ}$, mesin akan tetap hidup karena efek gaya sentrifugal saat kendaraan melaju membuat *bank angle* sensor tidak bekerja.

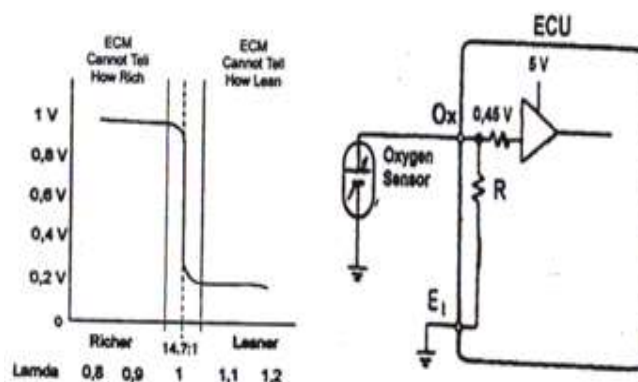
h) *Oxygen sensor* merupakan sensor yang berfungsi sebagai pendeteksi kadar oksigen yang terkandung pada gas buang dari mesin, kemudian sensor ini akan mengkoreksi dan memberi informasi pada ECU untuk kemudian ECU mengolah informasi tersebut untuk selalu membuat campuran bakar dan udara selalu ideal dalam setiap proses pembakaran. Tidak semua

sepeda motor injeksi juga menggunakan *oxygen sensor* (Moch.Solikin: 2005).



Gambar 12. Konstruksi *Oxygen Sensor*(Moch.Solikin: 2005)

Berdasarkan input dari *Oxygen Sensor*, ECU menambah atau mengurangi volume injeksi bahan bakar sehingga dapat diperoleh campuran bahan bakar *stocihimetric*.



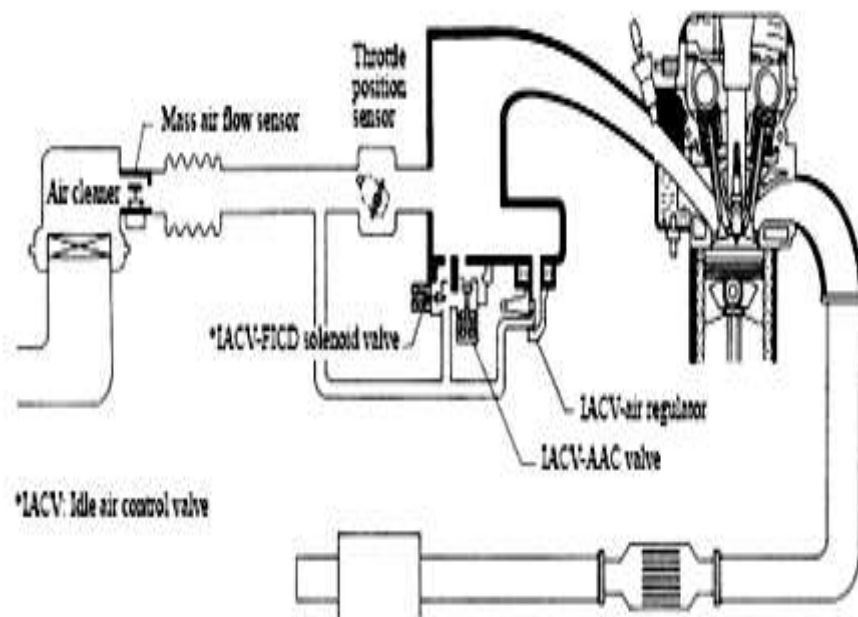
Gambar 13. Rangkaian dan Cara Kerja *Oxygen Sensor* (Moch.Solikin)

i) *Malfungtion Indicator Lamp* merupakan lampu indikator yang berada di *speedometer* yang berfungsi sebagai penanda pada pengendara tentang

adanya kerusakan pada sistem injeksi. apabila dalam sistem injeksi terdapat salah satu sensor yang tidak berfungsi/rusak, maka MIL ini akan memberikan kode berupa kedipan sesuai dengan kode dari masing-masing sensor. Tetapi tidak semua komponen yang apabila rusak dapat terdeteksi oleh MIL, misalnya kerusakan pada pompa bahan bakar yang tekanannya melemah, kerusakan semacam ini tidak terdeteksi oleh MIL

c. Sistem Induksi Udara

Komponen yang termasuk ke dalam sistem induksi udara antara lain ; *air cleaner*, *intake manifold* dan *throttle body* (tempat katup gas) sistem ini berfungsi untuk menyalurkan sejumlah udara yang diperlukan untuk proses pembakaran. Pada awalnya, fungsi piranti elektronik yang ada pada sistem induksi udara adalah hanya untuk mengetahui jumlah atau volume udara yang masuk ke *intake manifold* dan mengetahui temperatur udara agar ECU dapat menghitung massa udara yang masuk ke dalam ruang bakar. perkembangannya saat ini pengontrolan telah dapat dilakukan khusus nya pada putaran rendah untuk mengontrol putaran *idle* dan putaran tinggi melalui program yang terintegrasi yang tersedia di dalam ECU guna meningkatkan *effisiensi volumetric* (Sutiman: 2005).



Gambar 14. Skema Sistem Induksi udara (Sutiman: 2005)

Sistem aliran udara di mulai dari filter udara untuk menyaring udara dari kotoran , *air metering* (berupa sensor temperatur dan *air flow meter*) menuju *throttle body*, *intake manifold* dan ke ruang bakar. Dalam sistem induksi udara ini, control unit membutuhkan data temperatur udara, volume dan densitas udara yang masuk ke ruang bakar. Data-data tersebut di perlukan untuk mengkalkulasi terpenuhinya campuran udara *stochiometric* oleh ECU. Pada putaran *idle*, teknologi system control mampu mengontrol putaran *idle* melalui *actuator* yang dikontrol oleh ECU sehingga diperoleh putaran *idle* yang tepat guna memenuhi kebutuhan *engine*.

Pengontrolan pada piranti *idle* Untuk melengkapi kerja ECU pada saat *idle*, dibutuhkan data-data dari berbagai sensor seperti *Camshaft Position Sensor*, *Throttle Position Sensor*, *Water Temperatur Sensor*, *Air*

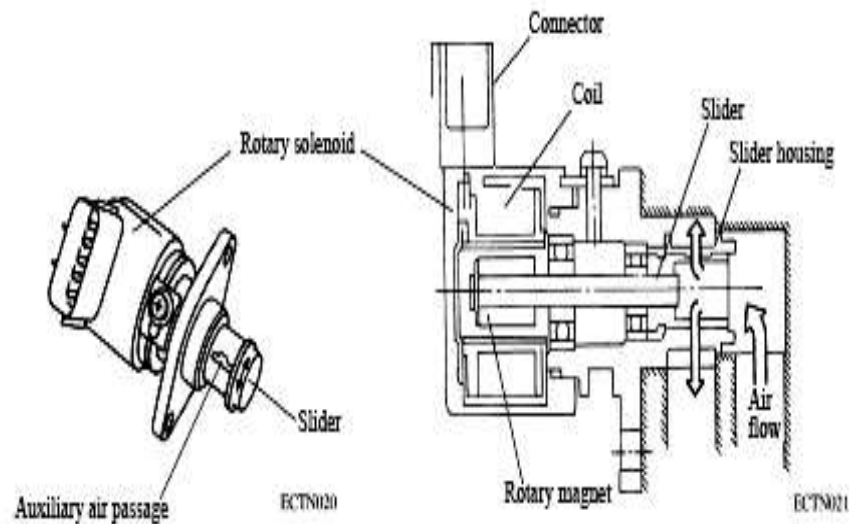
Conditionerswitch, tegangan baterai, *Vehicle speed sensor* dan lain-lain.

Tujuan yang diharapkan dari kontrol *engine* pada sistem induksi udara ini pada saat *engine* bekerja pada putaran *idle* adalah :

- a) Untuk menyeimbangkan torsi yang dihasilkan dengan perubahan beban *engine* , sehingga mesin tetap dapat berputar secara stabil meskipun ada beban-beban listrik.
- b) Untuk menyajikan putaran rendah yang halus dengan emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar rendah mengingat pemakaian kendaraan bermotor di dalam kota digunakan pada putaran *idle*.

Dikarenakan katup *throttle* yang besar mengakibatkan pembukaannya akan sangat sensitif terhadap putaran mesin sehingga kecepatan *idle* akan susah dikontrol, maka jumlah udara yang masuk melalui *intake manifold* di kontrol oleh katup *bypass* atau oleh sebuah *actuator* menggunakan motor listrik yang di kontrol ECU yang bekerja membuka dan menutup saluran dengan nilai yang telah ditetapkan. Dengan menggunakan umpan balik dari rpm *engine*, ECU dapat menyetel jumlah udara yang mengalir untuk menambah atau mengurangi putaran *idle*. Kelemahan pada kontrol udara ini relatif lebih lambat dalam merespon perubahan beban. Untuk mengatasi masalah ini, sistem kontrol udara dikombinasikan dengan kontrol sistem pengapian agar diperoleh putaran *idle* yang sesuai. Kebutuhan bahan bakar pada saat putaran *idle* ditentukan oleh beban dan putaran mesin. Dalam operasi kerja *closed loop* sistem nilai atau jumlah bahan bakar ini dioptimalkan oleh λ

close loop control. Berikut adalah contoh piranti pengontrol udara yang digunakan yang bekerja pada putaran *idle* (Sutiman: 2005).



Gambar 15. ISC Valve(Sutiman: 2005)

3. Cara Kerja Sistem Injeksi

Sistem EFI di rancang agar bisa melakukan penyemprotan bahan bakar yang jumlah dan waktunya di tentukan berdasarkan informasi dari sensor-sensor. Pengaturan dan koreksi campuran udara dan bahan bakar sangat penting di lakukan agar mesin bisa dapat bekerja dengan optimal pada berbagai kondisi kerja nya. Oleh karena itu, keberadaan sensor-sensor yang memberikan informasi sangat penting untuk menentukan performa suatu mesin. Semakin lengkap sensor yang di gunakan untuk mendeteksi kondisi mesin dari berbagai kondisi mesin berupa suhu, tekanan, putaran, kandungan gas, getaran mesin dan sebagainya akan lebih baik. Informasi tersebut akan bermanfaat bagi ECU untuk di olah guna

memberikan perintah yang tepat kepada injector, sistem pengapian, pompa bahan bakar, dan sebagainya.

Jumlah injeksi bahan bakar dipengaruhi oleh tekanan bahan bakar, besar lubang injektor dan lama lubang injektor terbuka. Dikarenakan tekanan bahan bakar diatur tetap oleh *pressure fuel regulator* dan lubang injektor tetap, dengan demikian untuk menentukan jumlah bahan bakar yang di injeksikan dengan cara menentukan lamanya injektor ON yang biasa disebut dengan durasi injeksi. Semakin lama durasi injeksi maka semakin banyak jumlah bahan bakar yang di injeksikan.

4. Durasi Injeksi

Durasi injeksi di kontrol oleh ECU berdasarkan input dari masukan sensor sensor jumlah udara *air flow meter* / MAP sensor, temperatur udara, putaran mesin, temperatur mesin, posisi pembukaan katup gas (TPS) dan emisi gas buang (*oxygen sensor*). Durasi injeksi dikelompokkan menjadi 2 yaitu saat stater mesin dan setelah stater sistem kontrol yang bekerja adalah sebagai berikut:

a. Durasi injeksi saat starter

Durasi injeksi saat starter terdiri dari durasi injeksi dasar dan koreksi durasi saat starter, koreksi durasi saat starter meliputi koreksi temperatur udara masuk dan koreksi tegangan baterai

b. Durasi injeksi dasar (*Basic Injection Duration*)

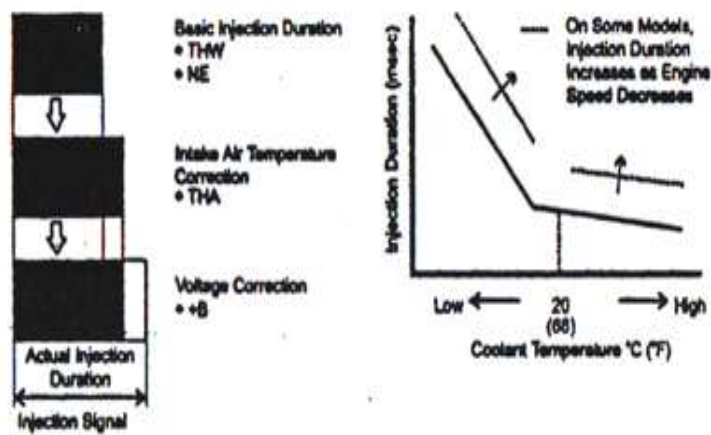
Durasi injeksi dasar ditentukan berdasarkan 2 faktor utama yaitu jumlah udara yang masuk ke dalam silinder dan dari putaran mesin

c. Koreksi temperatur udara masuk (*Intake Air Temperature Corection*)

Koreksi temperatur udara masuk merupakan penambahan lamanya durasi injeksi, pada saat temperatur udara dingin dengan volume udara yang sama maka akan menghasilkan masa yang lebih berat daripada temperatur udara saat panas, oleh karena itu temperatur udara perlu di koreksi agar perbandingan campuran udara dan bahan bakar tepat

d. Koreksi Baterai (*Battery Correction*)

Koreksi baterai merupakan penambahan lama injeksi sebagai koreksi perubahan tegangan baterai. Pada saat stater terjadi penurunan tegangan baterai (*voltage drop*), sehingga injektor tidak segera membuka walaupun sudah menerima signal dari ECU, kondisi tersebut akan menyebabkan terjadinya kesalahan jumlah injeksi bahan bakar, sehingga durasi injeksi dapat di gambarkan seperti berikut :

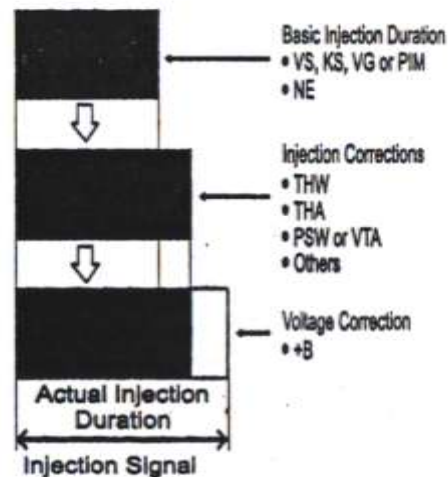


Gambar 16. Durasi Injeksi Saat Stater(Moch.Solikin: 2005)

e. Durasi Injeksi Setelah stater

Durasi injeksi setelah stater terdiri dari durasi injeksi dasar (*basic injection duration control*), koreksi durasi injeksi (*injection*

correction), koreksi tegangan baterai (*voltage correction*) Durasi injeksi setelah setatater dapat di gambarkan sebagai berikut:

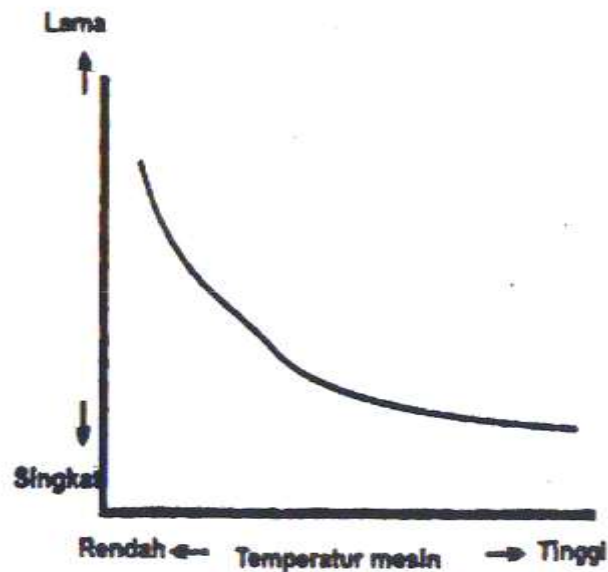


Gambar 17. Durasi Injeksi Setelah Setatater (Moch.Solikin: 2005)

Koreksi durasi injeksi untuk menentukan lamanya injektor membuka akan dipengaruhi oleh beberapa faktor antarlain akan di jelaskan sebagai berikut:

1) Koreksi temperatur udara masuk (*intake air temperature correction*)

Koreksi udara masuk merupakan penambahan durasi lamanya injeksi bahan bakar berdasarkan koreksi temperatur udara masuk menggunakan input data sensor temperature udara (*Air Temperature Sensor*).



Gambar 18. Hubungan Temperatur Mesin Dengan Durasi

Injeksi(Moch.Solikin: 2005)

2) Penabaha setelah start (*After Start Enrichment*)

Penambahan setelah starter merupakan penambahan jumlah injeksi sehingga campuran bahan bakar dan udara akan lebih kaya (*Enrichment*) untuk menjaga mesin tetap stabil setelah mesin hidup, fungsi koreksi ini berdasarkan koreksi temperatur mesin

3) Penambahan durasi untuk pemanasan (*Warm-up enrichment*)

Penambahan jumlah injeksi selama mesin masih dingin, agar perbandingan campuran udara bahan bakar tetap optimal.

4) Koreksi perbandingan udara dan bahan bakar (*Air Fuel Ratio Correction*)

Koreksi perbandingan campuran udara dan bahan bakar dapat di bagi menjadi dua yaitu :

a) Saat percepatan (*accleration mode*)

Saat pedal gas tiba-tiba diinjak maka *thorttle valve* membuka lebar, saat kevakuman pada intake manifold melemah (tekanan naik) karena putaran mesin masih rendah. ECU mendeteksi kondisis tersebut melalui MAP Sensor dan *throttle position sensor* (TPS) untuk menambah jumlah injeksi atau kompensasi >0 (*Compensation rate* >0) (Moch.Solikin: 2005).

b) Saat perlambatan (*Deceleration mode*)

Saat pedal gas di lepas maka *throttle valve* menutup, sehingga kevakuman di dalam *intake manifold tinggi* (tekanan redah) karena putaran mesin masih tinggi dan bukaan *throttle* kecil. ECU mendeteksi kondisi tersebut melalui MAP sensor dan thorttle position sensor (TPS) untuk mengurangi jumlah injeksi atau kompensasi <0 (*Compensation rate* <0) (Moch.Solikin: 2005).

5) Koreksi tenaga (*Power Enrichment Correction*)

Saat mesin dalam kondisi beban penuh diperlukan adanya penambahan jumlah penginjeksian bahan bakar agar tenaga mesin naik. Indikasi mesin beban penuh adalah dari *pembukaan throttle valve* membuka penuh namun putaran mesin masih rendah. Penambahan jumlah injeksi berdasarkan kontrol dari ECU dan mengambil *input* data berdasarkan masukan dari MAP sensor,

throttle position sensor (TPS) NE signal dan *Speed sensor* (Moch.Solikin: 2005).

6) Penghentian injeksi (*Fuel Cut Injection*)

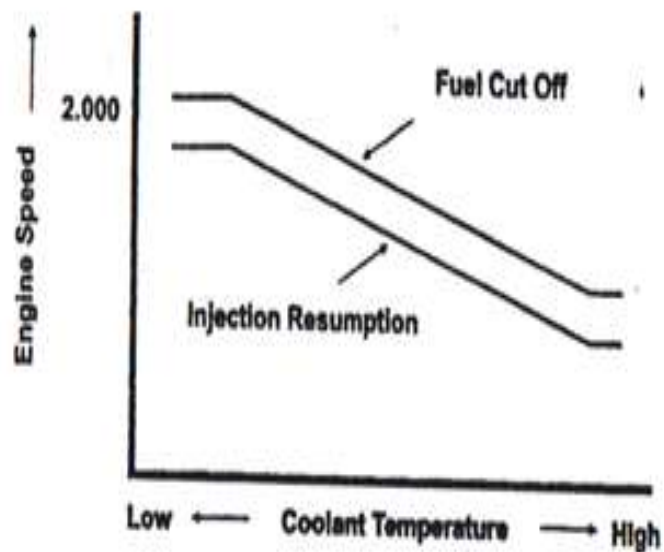
Fuel cut injection terjadi saat putaran mesin berlebih (*overrunning*) dan saat perlambatan (*Deceleration*)

a) Penghentian injeksi pada putaran berlebih (*overrunning*)

Fuel cut injection merupakan penghentian signal dari ECU ke injektor beberapa saat sehingga tidak terjadi injeksi bahan bakar. ECU melakukan *fuel cut* berdasarkan input data dari sensor putaran mesin (NE signal). *Fuel cut injection* pada putaran tinggi terjadi apabila mesin bekerja melebihi batas putaran yang ditentukan, batas maksimal putaran mesin setiap merek dan jenis kendaraan memiliki perbedaan. Tujuan dari *fuel cut injection* adalah melindungi mesin dari kerusakan akibat putaran berlebihan (Moch.Solikin: 2005).

b) Penghentian injeksi pada saat perlambatan (*Deceleration*)

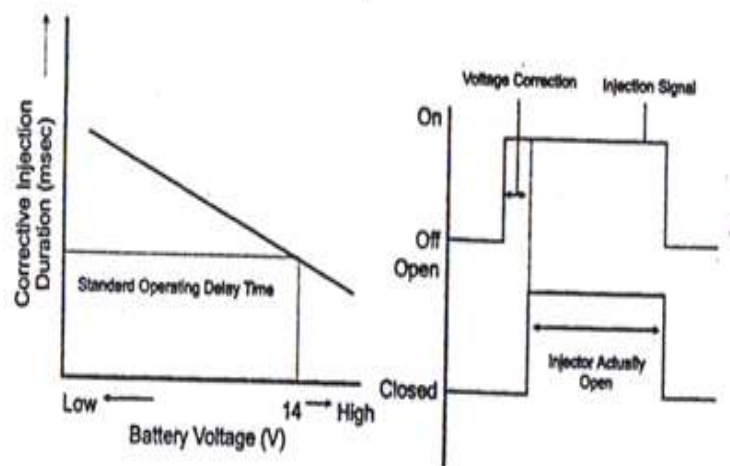
Deceleration fuel cut injection bertujuan untuk menghemat konsumsi bahan bakar dan mencegah *catalyst* bekerja terlalu panas. Kerja dari *deceleration fuel cut injection* berdasarkan input data dari MAP sensor, *throttle position sensor* dan temperatur mesin. Saat mesin dalam kondisi dingin penghentian injeksi terjadi pada putaran yang lebih tinggi (Moch.Solikin: 2005).



Gambar 19. Pengaruh Temperature, Kecepatan Mesin
Terhadap Fungsi *Fuel Cut*(Moch.Solikin: 2005)

7) Koreksi Baterai (*Batertey Correction*)

Saat kendaraan bekerja terjadi fluktuasi tegangan baterai akibat dari perubahan beban kelistrikan. Perubahan tegangan baterai mempengaruhi kecepatan injektor membuka, sehingga waktu membuka injektor akan berbeda dibandingkan dengan durasi injeksi berdasarkan signal dari ECU. Adanya koreksi tegangan baterai berfungsi untuk mencegah terjadinya kesalahan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan(Moch.Solikin: 2005).



Gambar 20. Koreksi Tegangan Baterai(Moch.Solikin: 2005)

5. ECU Programmable

ECU *Programmable* yang berhasil di kembangkan oleh beberapa produsen ini di rancang menggunakan remote sehingga lebih praktis dan mudah di gunakan untuk melakukan pengaturan debit bahan bakar dan pengapian. ECU ini dilengkapi dengan remote programmer sehingga pengguna dapat mengatur Injection Mapping (Koreksi Mapping), *Ignition Timing* (Kurva Pengapian), *Revolution Limiter* (Batasan putaran Mesin), *Injection Timing* (Waktu penyemprotan), dan Kalibrasi TPS (*Throttle Position Sensor*).

ECU *programmable* ini juga dilengkapi beberapa fitur tambahan untuk memudahkan penyetingan dan penggunaan, Remote ini juga dapat difungsikan sebagai *Diagnostic Tools*, untuk memantau kondisi sensor pendukung, Monitor untuk memantau AFR (*Air Fuel Rastio*/campuran bahan bakar).

Easy Map adalah fitur mapping injeksi dengan teknik *offset global* sehingga memudahkan pengguna awam (pemula) untuk melakukan setting injeksi dengan cepat. E-Map mengatur mapping injeksi dengan 3 kategori putaran mesin yaitu : *LOW* (putaran BAWAH), *MID* (putaran TENGAH) dan *HIGH* (putaran ATAS), *Fast Seting* teknik ini dipakai pada saat membuat mapping pengapian atau injeksi sehingga penulisan koreksi akan lebih cepat. AFR (Air Fuel Rasio)/Optional ECU ini dilengkapi dengan sensor O2, agar hasil pembakaran dapat dibaca melalui hasil gas buang dan mempermudah melakukan koreksi mapping.



Gambar 21. Manipulator Ecu *Piggyback Iqueteche*

Piggyback Iqueteche yang dibuat untuk motor satu silinder fungsinya untuk memanipulasi injeksi bahan bakar yang dikabutkan oleh komponen injector. Umumnya piggyback ada dua jenis yang sering digunakan, yakni memanipulasi data sensor yang akan diberikan ke ECU/ECM, sedangkan yang kedua adalah memanipulasi data dari ECU/ECM yang diberikan ke komponen actuator. Untuk

piggyback Fuel Adjuster buatan Iquiteche ini kerjanya memanipulasi data dari ECU/ECM yang diberikan ke komponen actuator, dan yang diatur adalah memanipulasi durasi injeksi bahan bakar.

Kerja Fuel Adjuster bisa digunakan untuk mempercepat atau memperlambat durasi bukaan needle valve di injector. Secara umum kerja Fuel Adjuster adalah mengurangi atau menambah sekian persen (seusai setingan) inputan perintah dari ECU yang masuk ke injector. Untuk pengaturan sendiri dilakukan dengan memutar potensio meter, hal ini layak setting Pilot Air Screw (setelan udara di karburator) dan tentunya bisa kita setting semau kita dengan mudah pakai obeng minus (-).



Gambar 22. Selektor setelan Pada Piggyback Iquiteche

Piggyback Fuel Adjuster mempunyai 3 potensiometer (Gambar diatas). Jika potensiometer diputar searah jarum jam, efeknya untuk memperbesar durasi bukaan needle (valve) injeksi. Hal ini berimbas pada bertambahnya asupan injeksi bahan bakar (rich). Kebalikannya, jika potensiometer diputar berlawanan jarum jam, maka efeknya akan mempersingkat durasi bukaan needle valve injector. Imbasnya durasi injeksi BBM makin singkat alias miskin (poor). Setiap potensiometer memiliki peranan kerja masing masing. Dibawah ini lebih detailnya. Disimak ya supaya gamblang heheh.

Potensiometer pertama digunakan untuk mengatur durasi injeksi di range 0 – 3500 rpm, untuk range bisa di seting dari -20% sampai + 50%. – Potensiometer ke dua digunakan untuk mengatur durasi injeksi di range 3500 –7000 rpm, untuk range bisa di seting dari -20% sampai + 75%. Potensiometer ke tiga digunakan untuk mengatur durasi injeksi di range 7000 – 15000 rpm, untuk range bisa di seting dari -20% sampai + 100%



Gambar 23. Cara Pengaturan menggunakan HP

Untuk memudahkan dalam setting, Fuel Adjuster versi ke 3 digunakan dengan bantuan aplikasi di android. Menariknya dalam aplikasi bisa di download di toko aplikasi secara gratis. Tidak hanya itu, Fuel Adjuster juga bisa kita seting pakai komputer (laptop/PC), kita bisa melihat rpm secara real time saat seting dan kita juga bisa merubah setingan tiap potensio meter. potensio pertama untuk 0-3500 rpm dan bisa diseting -20% sampai + 50%.



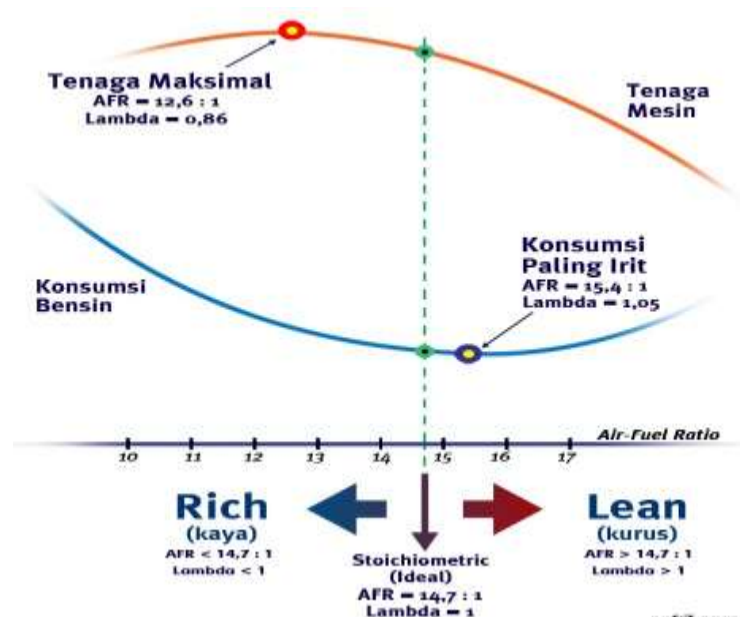
Gambar 24. Penyetelan menggunakan laptop

Tambahan – USB Dongle + OTG untuk bisa setting Fuel Adjuster pakai android / komputer pertama yang diperlukan adalah aplikasi yang bisa kita download di toko aplikasi Untuk android, untuk komputer kita harus install program Fuel Adjuster ke komputer, program didapat saat pembelian USB Dongle. Kedua dibutuhkan **kabel USB dongle** (Gambar diatas). Agar bisa

terkoneksi dengan smart phone, kabel dongle masih harus di sambung dengan kabel OTG (On The Go).

6. Pengaruh Air Fuel Ratio Terhadap Peforma Mesin

Untuk menghasilkan pembakaran yang optimal diperlukan campuran bahan bakar dan udara yang tepat, campuran udara dan bahan bakar dengan udara sering disebut dengan AFR *Air Fuel Ratio* yang idealnya 14,7 : 1 yang artinya campuran tersebut terdiri dari rasio udara-bahan bakar diukur dalam satuan massa. Sebagai contoh, rasio udara-bahan bakar dari 14,7: 1 berarti untuk setiap satu massa bahan bakar, berbanding dengan 14,7 kali massa di udara. Grafik di bawah ini menggambarkan beberapa poin penting. Pertama, konsep campuran stoikiometri itu adalah titik di mana oksigen cukup untuk membakar 100% dari bahan bakar. pada mesin injeksi pengaturan AFR dilakukan oleh ECU berdasarkan referensi dari berbagai macam sensor sensor yang berfungsi untuk mendeteksi kondisi dari mesin tersebut

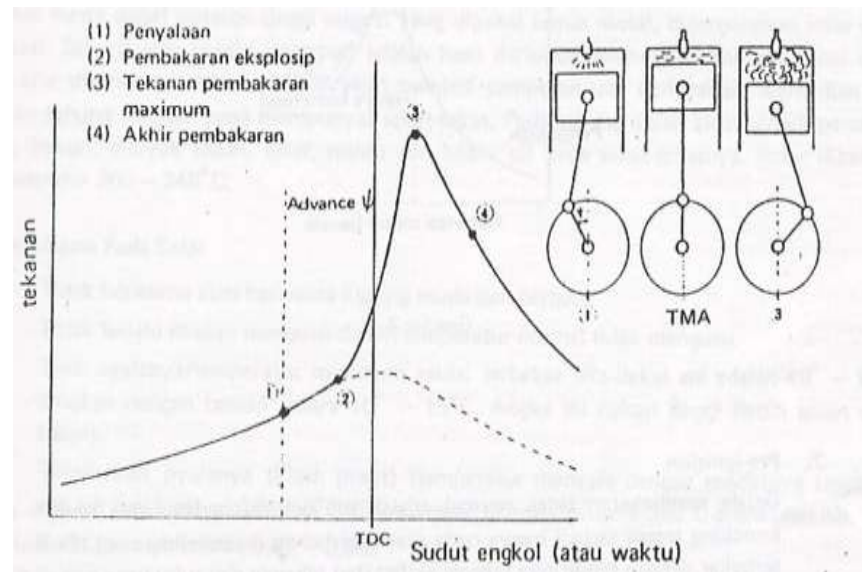


Gambar 25. Diagram Pagaruh AFR Terhadap Daya Mesin (Anonim)

7. Pengaruh perubahan Timing Pengapian Terhadap Peforma Mesin

Timing pengapian dapat didefinisikan sebagai waktu atau saat dimana busi mulai memantikkan api di ruang bakar, terkait dengan posisi piston pada waktu langkah kompresi. Timing pengapian biasanya diukur dalam satuan derajat posisi piston dan kruk as sebelum titik mati atas (TMA).

Untuk memperoleh *output* daya yang maksimal dari mesin, maka *timing* pengapian harus berada pada waktu yang tepat yaitu kurang dari beberapa derajat sebelum piston melewati titik mati atas sehingga diperoleh tekanan optimal dari hasil pembakaran. Timing pengapian juga harus di sesuaikan dengan perubahan putaran mesin, dikarenakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pembakaran di dalam silinder selalu sama namun waktu yang di butuhkan untuk menyelesaikan satu siklus selalu bervariasi di setiap perubahan putaran mesin dikarenakan perbedaan putaran dan beban mesin. Apabila saat pengapian sesuai maka kurva tekanan maksimal dari hasil pembakaran dapat di gambarkan sebagai berikut



Gambar 26. Pengaruh Pengajuan Timing Pengapian Terhadap Tekanan Hasil Pembakaran (Anonim)

8. Spesifikasi mesin Honda Revo Fit 110 CC

- Tipe mesin :4 langkah SOHC
- Kapasitas mesin :109,17 cc
- Diameter x langkah :50 x 55,6 mm
- Perbandingan kompresi :9,3 : 1
- Daya Maksimum :6,56kW (8,91 PS) / 7500 rpm
- Torsi :8,76 N.m / 6000 rpm
- Starter :Pedal dan elektrik
- Sistem pelumasan :Basah (0,8 liter)
- Transmisi :4 Kecepatan rotari
- Sistem pembakaran :elektronik fuel injection
- Jenis system injeksi : injeksi tak langsung

(multi point injection)

- Tipe kopling : otomatis, sentrifugal, tipe kering
- Sistem pengapian : full transistorized, baterai
- Tipe baterai : 12v – 5A.h (tipe MF)
- Tipe busi : ND U22EPR-9, NGK CPR9EA – 9
- Volume injector : 64cc/menit
- Tekanan bahan bakar : 294 kPa / 3 bar

9. Regulasi engine pada Shell Eco Marathon ASIA dan KMHE Nasional

- a. Sumber tenaga dari semua mobil menggunakan mesin bensin ataupun diesel 4 langkah dengan kapasitas CC bebas.
- b. Perubahan intake dan exhaust system termasuk turbocharger tidak diperbolehkan. Tetapi jika diperlukan oleh struktur mobil, persetujuan dari organisasi komite (panitia) harus diperoleh kemajuan.
- c. Tidak diperbolehkan menambah komponen yang dapat membantu putaran mesin yang tidak menggunakan pembakaran mesin, seperti stater ACG , atau dinamo listrik tambahan.

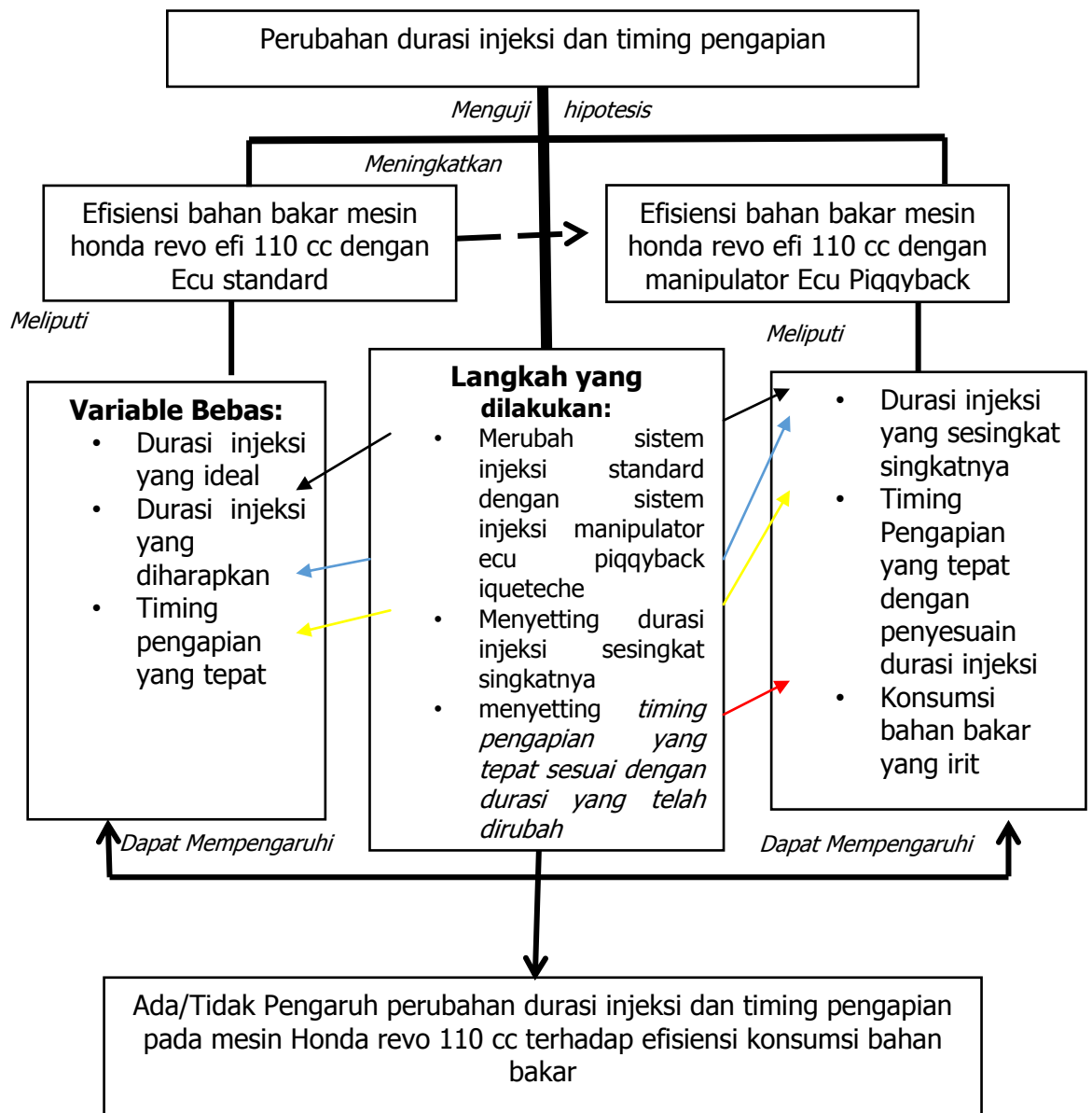
B. Kerangka Pikir

Konsumsi bahan bakar pada mesin dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya beban kendaraan, jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, dan timing pengapian. Untuk mendapatkan konsumsi bahan bakar yang optimal, bisa dilakukan dengan merubah jumlah bahan bakar yang diinjeksikan dan merubah timing pengapian seoptimal mungkin sesuai dengan beban kendaraan. Jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam silinder

dipengaruhi oleh 3 hal yaitu tekanan bahan bakar, besar lubang injektor, dan lamanya lubang injektor terbuka atau biasa disebut durasi injeksi.

Tekanan bahan bakar diatur oleh fuel pressure regulator, sedangkan lubang injektor besarnya tetap sesuai injektor standar, maka perubahan yang dapat dilakukan adalah pada durasi injeksi. Semakin pendek durasi injeksi maka akan semakin sedikit bahan bakar yang diinjeksikan, oleh karena itu untuk mendapatkan konsumsi seirit mungkin maka durasi injeksi diusahakan sependek mungkin akan tetapi masih sanggup untuk menggerakkan kendaraan sesuai beban yang ada.

Timing pengapian dapat didefinisikan sebagai waktu atau saat dimana busi mulai memercikkan bunga api di ruang bakar, terkait dengan posisi piston pada waktu langkah kompresi. Untuk memperoleh *output* daya yang maksimal dari mesin sesuai beban kendaraan, maka *timing* pengapian harus berada pada waktu yang tepat yaitu beberapa derajat sebelum piston melewati titik mati atas sehingga diperoleh tekanan optimal dari hasil pembakaran. Timing pengapian juga harus disesuaikan dengan perubahan putaran mesin, dikarenakan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proses pembakaran di dalam silinder selalu sama namun waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus selalu bervariasi di setiap perubahan putaran mesin dikarenakan perbedaan putaran dan beban mesin.



C. Hipotesis Penelitian

Dari kajian teori dan kerangka berfikir di atas maka dapat di rumuskan hipotesis penelitian sebagai berikut:

1. Pengaruh perubahan durasi injeksi dan timing pengapian terhadap efisiensi konsumsi bahan bakar mesin pada motor Honda Revo Fit 113,3 cc dengan menggunakan Manipulator ECU *Piqqyback Iqueteche*.