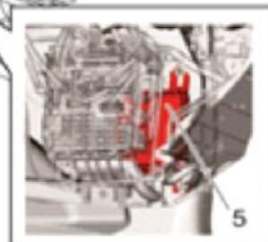
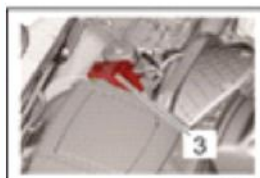
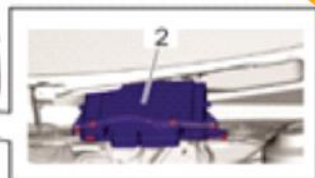
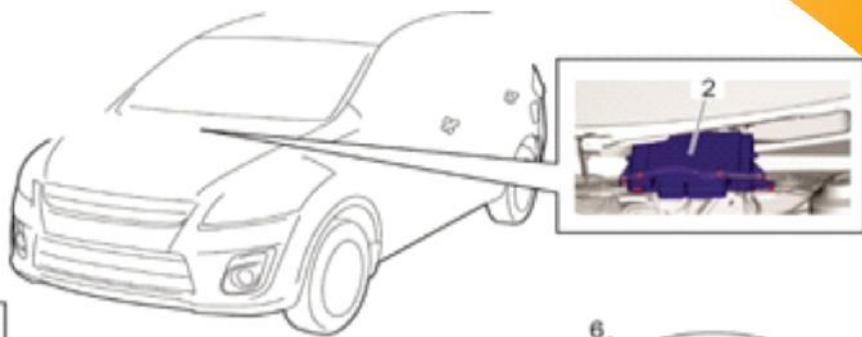




PENGANTAR SENSOR OTOMOTIF (Gasoline Engine Control Sistem)



M. FIRDAUS JAUHARI



**PENGANTAR SENSOR OTOMOTIF
(Gasoline Engine Control System)**

Undang-Undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

Fungsi dan sifat hak cipta Pasal 4

Hak Cipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 huruf a merupakan hak eksklusif yang terdiri atas hak moral dan hak ekonomi.

Pembatasan Perlindungan Pasal 26

Ketentuan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 23, Pasal 24, dan Pasal 25 tidak berlaku terhadap :

- i. penggunaan kutipan singkat Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait untuk pelaporan peristiwa aktual yang ditujukan hanya untuk keperluan penyediaan informasi aktual;
- ii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk kepentingan penelitian ilmu pengetahuan;
- iii. Penggandaan Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait hanya untuk keperluan pengajaran, kecuali pertunjukan dan Fonogram yang telah dilakukan Pengumuman sebagai bahan ajar; dan
- iv. penggunaan untuk kepentingan pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan yang memungkinkan suatu Ciptaan dan/atau produk Hak Terkait dapat digunakan tanpa izin Pelaku Pertunjukan, Produser Fonogram, atau Lembaga Penyiaran.

Sanksi Pelanggaran Pasal 113

1. Setiap Orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp 4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

PENGANTAR SENSOR OTOMOTIF (Gasoline Engine Control System)

M. Firdaus Jauhari



Poliban Press

**PENGANTAR SENSOR OTOMOTIF
(Gasoline Engine Control System)**

**Penulis :
M. Firdaus Jauhari**

**ISBN Elektronis :
978-623-7694-43-4**

**Editor dan Penyunting :
Faris Ade Irawan**

**Desain Sampul dan Tata letak :
Rahma Indera; Eko Sabar Prihatin**

Penerbit :
POLIBAN PRESS
Anggota APPTI (Asosiasi Penerbit Perguruan Tinggi Indonesia)
no.004.098.1.06.2019
Cetakan Pertama, 2020

Hak cipta dilindungi undang-undang
Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk
dan dengan cara apapun tanpa ijin tertulis dari penerbit

Redaksi :
Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basry,
Pangeran, Komp. Kampus ULM, Banjarmasin Utara
Telp : (0511)3305052
Email : press@poliban.ac.id

Diterbitkan pertama kali oleh :
Poliban Press, Banjarmasin, Oktober 2020

Kata Pengantar

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunianya sehingga buku Pengantar Sensor Otomotif (*Gasoline Engine Control System*) tahun 2020 telah dapat diselesaikan. Buku ini merupakan pengantar bagi mahasiswa Diploma Teknik Mesin Otomotif.

Terimakasih disampaikan kepada Joni Riadi S.ST., M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Banjarmasin dan Nurmahaludin, S.T., M.T. selaku Ketua Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat beserta sekretaris dan staf. Terimakasih juga disampaikan kepada Faris Ade Irawan, Reza Fauzan, Eko Sabar Prihatin dan Rahma Indera yang telah berkontribusi dalam editing serta seluruh tim Poliban Press dan semua pihak yang telah ikut membantu dalam penyelesaian buku ini.

Kami menyadari masih terdapat kekurangan dalam buku ini untuk itu kritik dan saran terhadap penyempurnaan buku ini sangat diharapkan. Semoga buku ini dapat memberi manfaat bagi semua pihak.

Banjarmasin, September 2020

Poliban Press

Prakata

Bismillahirrahmanirrahim

Perkembangan teknologi pada mobil semakin terintegrasi dengan komponen-komponen elektronik yang dikontrol oleh komputer, dan semakin terus bergerak ke arah mobil listrik yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Pada masa depan konsep mobil menjadi komputer yang diberi roda, sehingga pemahaman elektrikal dan elektronika harus melebur dengan pengetahuan mekanikal yang menjadi dasar bagi teknisi otomotif saat ini. Oleh karena itu, buku ini disusun sebagai pelengkap bahan ajar bagi mata kuliah sensor dan transduser.

Buku ini terdiri dari 5 bab yang menyajikan secara ringkas materi sensor dan transduser yang umum terdapat pada sistem kontrol mobil saat ini, khususnya pada sistem bahan bakar. Dan pada bagian bab akhir penulis sampaikan materi hasil penelitian berupa teknologi tepat guna, sebuah sistem pengaman kendaraan : simple double layer, untuk memberikan gambaran aplikasi sederhana untuk membuat kontrol pada salah satu sistem mobil.

Tentu saja karena keterbatasan pengetahuan dan juga wawasan penulis, banyak terdapat kekurangan pada buku ini. Untuk itu mohon masukan dari pembaca agar menjadi koreksi dan perbaikan lagi bagi edisi berikutnya. Salam antusias ! dan semoga bermanfaat.

Banjarmasin , 30 Juni 2020

M. Firdaus Jauhari

Daftar Isi

Kata Pengantar	v
Prakata.....	vi
Daftar Isi.....	vii
BAB 1 Sistem Kontrol Motor	1
1.1 Learning Outcomes	1
1.2 Garis Besar Sistem Kontrol Motor	1
1.3 Rangkaian Daya	2
1.4 Rangkaian Ground.....	4
1.5 Tegangan Terminal Sensor.....	5
1.6 Evaluasi	10
BAB 2 Sensor dan Sinyal.....	11
2.1 Learning Outcomes.....	11
2.2 Sensor Pengukur Aliran Udara	11
2.3 Manifold Pressure Sensor	15
2.4 Throttle Position Sensor.....	17
2.5 Accelerator Pedal Position Sensor	20
2.6 Generator Sinyal G dan NE	22
2.7 Water Temperature Sensor	25
2.8 Sensor Oksigen	26
2.9 Sensor Rasio Udara-Bahan Bakar.....	28
2.10 Vehicle Speed Sensor	29
2.11 Knock Sensor	31
2.12 Sinyal STA / Sinyal NSW	32
2.13 Sinyal A/C /Sinyal Beban Listrik	33
2.14 Variable Resistor.....	34

2.15	Lain-lain.....	35
2.16	Terminal Diagnostik	39
2.17	Evaluasi.....	40
BAB 3 Electronic Fuel Injection		41
3.1	Learning Outcomes	41
3.2	Electronic Fuel Injection (EFI)	41
3.3	Sistem Bahan Bakar	43
3.4	Kontrol Durasi Injeksi.....	54
3.5	Evaluasi.....	66
BAB 4 Idle Speed Control.....		67
4.1	Learning Outcomes	67
4.2	Idle Speed Control Valve	67
4.3	Tipe ISCV	69
4.4	Evaluasi.....	73
BAB 5 Pengaman Kendaraan: Simple Double Layer.....		74
5.1	Learning Outcomes	74
5.2	Deskripsi Hardware.....	74
5.3	Deskripsi Software	76
5.4	Cara Kerja Simple Double Layer	77
5.5	Evaluasi.....	80
DAFTAR PUSTAKA.....		81

BAB 1

SISTEM KONTROL MOTOR

1.1 Learning Outcomes

Knowledge Objectives:

1. Mampu menjelaskan garis besar sistem kontrol motor.
2. Mampu menjelaskan rangkaian daya ECU motor.
3. Mampu menjelaskan rangkaian ground ECU motor.
4. Mampu menjelaskan tegangan terminal sensor.

Skill Objectives:

-Tidak ada capaian pembelajaran skill dalam bab ini-

1.2 Garis Besar Sistem Kontrol Motor

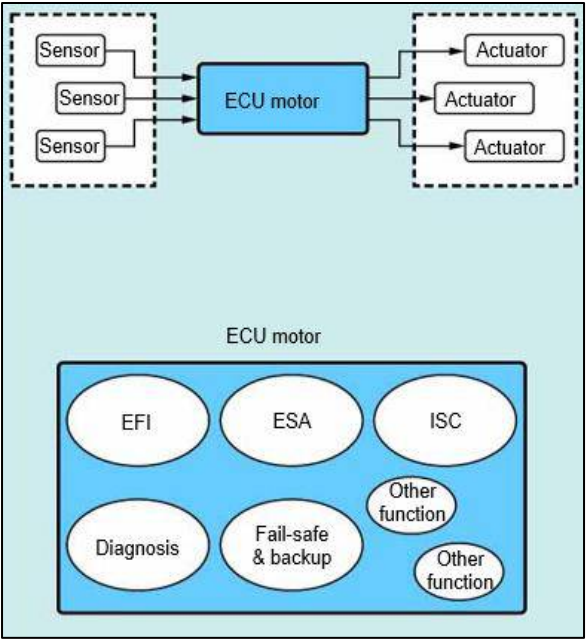
Motor bensin mendapatkan tenaga melalui hasil pembakaran campuran bensin dan udara. Ada tiga elemen penting agar motor bensin menghasilkan tenaga dan menjadikannya parameter prestasi motor, yaitu :

- 1) Campuran udara-bahan bakar
- 2) Kompresi
- 3) Loncatan api (spark)

Untuk mendapatkan ketiga elemen ini secara simultan, perlu dilakukan kontrol secara tepat terhadap formasi campuran udara-bensin dan waktu loncatan api. Diperlukan komputer yang mampu bekerja dengan baik untuk mengontrol sistem yang komprehensif dari berbagai alat-alat input dan output. Pada sistem mobil, sensor-sensor seperti water temperature sensor atau air flow meter berhubungan dengan alat input. Dan aktuator seperti injektor atau igniter berhubungan dengan

alat output. Komputer yang mengontrol sebuah sistem pada mobil disebut ECU motor (Electronic Control Unit) atau ECM (Engine Control Module) menurut istilah Society of Automotive Engineers. Sensor, aktuator, dan ECU motor dihubungkan dengan wiring harness. Hanya setelah ECU motor memproses sinyal input dari sensor dan output mengontrol sinyal ke aktuator, seluruh sistem dapat beroperasi sebagai sebuah sistem kontrol komputer.

Sistem kontrol motor terdiri dari tiga kelompok besar, yaitu kelompok sensor-sensor (termasuk sinyal output sensor), kelompok ECU motor, dan kelompok aktuator. Bab ini menjelaskan tentang sensor (sinyal), rangkaian daya, rangkaian ground, dan tegangan terminal sensor. Berdasarkan fungsi kontrolnya ECU motor dibedakan menjadi kontrol EFI, kontrol ESA, kontrol ISC, fungsi diagnosis, fungsi fail-safe and backup, dan fungsi-fungsi yang lain.



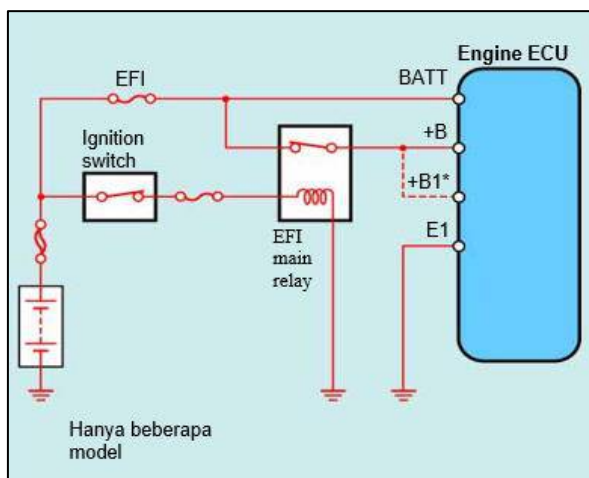
Gambar 1.1 Sistem kontrol motor

1.3 Rangkaian Daya

Rangkaian daya adalah rangkaian listrik yang mensuplai daya ke ECU motor. Rangkaian ini termasuk ignition switch, relay utama EFI, dan komponen lainnya. Rangkaian daya yang digunakan pada kendaraan umumnya terbagi dalam dua tipe berikut ini.

(1) Kontrol oleh ignition switch

Seperti terlihat pada gambar 1.2, diagram menunjukkan tipe dimana relay utama EFI dioperasikan langsung dari ignition switch. Pada saat ignition switch dinyalakan, arus mengalir ke kumparan relay utama EFI dan menutup kontak. Hal ini akan mensuplai daya ke terminal-terminal +B dan +B1 dari ECU motor. Tegangan baterai selalu disuplai ke terminal BATT dari ECU motor untuk mencegah kode diagnostik dan data lain dalam memori terhapus ketika ignition switch dimatikan.



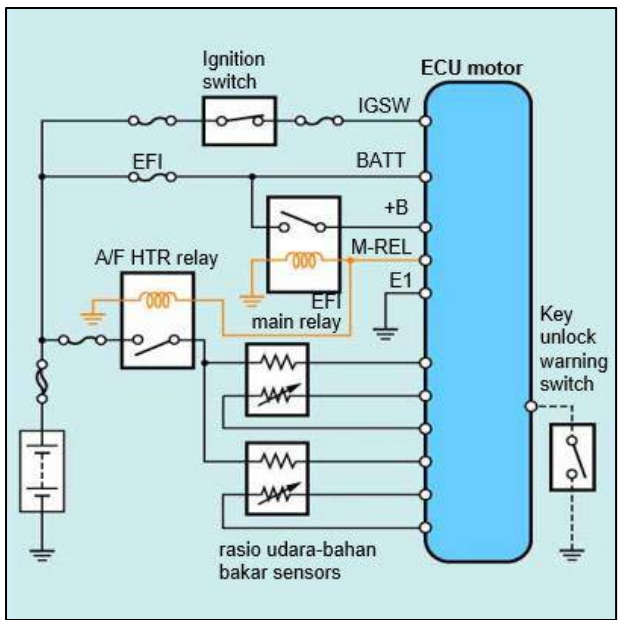
Gambar 1.2 Kontrol daya oleh ignition switch

(2) Kontrol oleh motor ECU

Rangkaian daya pada gambar 1.3 adalah tipe dimana operasi relay utama EFI dikontrol oleh motor ECU. Untuk tipe ini, daya harus disuplai ke ECU motor beberapa detik setelah ignition switch dimatikan. Karenanya, ON/OFF dari relay utama EFI dikontrol oleh

ECU motor . Ketika ignition switch diset ke ON, tegangan baterai disuplai ke terminal IGSW dari ECU motor dan rangkaian kontrol relay utama EFI pada ECU motor mengirimkan sinyal ke terminal M-REL dari ECU, kemudian menyalakan relay utama EFI. Sinyal ini menyebabkan arus mengalir ke kumparan, menutup kontak relay utama EFI dan mensuplai daya ke terminal +B Dari Motor ECU. Tegangan baterai selalu disuplai ke terminal BATT dengan alasan yang sama untuk tipe yang dikontrol ignition switch. Selain itu, beberapa model mengikutsertakan relay khusus untuk sensor rasio udara-bahan bakar dengan rangkaian pemanas, yang membutuhkan arus dalam jumlah besar.

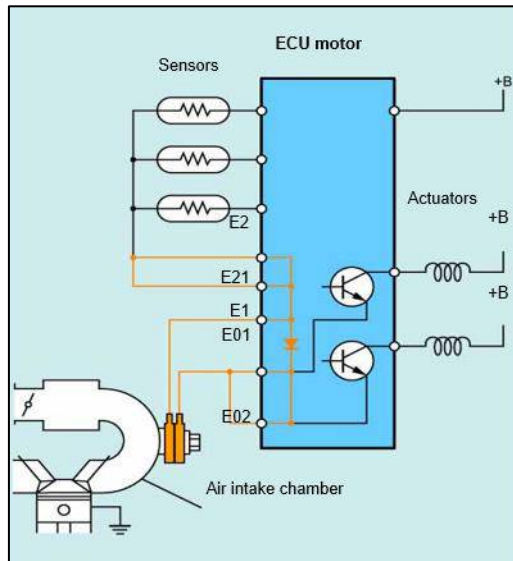
Pada beberapa model dimana ECU motor mengontrol sistem engine immobiliser, relay utama EFI juga dikontrol dengan sinyal switch peringatan membuka kunci (key unlock warning switch).



Gambar 1.3 Kontrol daya oleh motor ECU

1.4 Rangkaian Ground

ECU motor memiliki dasar rangkaian ground seperti gambar 1.4 dibawah ini, dan terbagi dalam tiga rangkaian ground yaitu ground untuk operasi ECU motor, ground sensor, ground untuk operasi aktuator.



Gambar 1.4 Rangkaian ground

(1) Ground untuk operasi ECU motor (E1)

Terminal E1 adalah terminal ground unit ECU motor, biasanya terkoneksi tertutup ke ruang intake udara motor.

(2) Ground-ground sensor (E2, E21)

Terminal-terminal E2 dan E21 adalah terminal-terminal ground sensor, mereka terkoneksi ke terminal E1 dari ECU motor. Kedua terminal ini mencegah sensor dari mendeteksi nilai tegangan yang salah dengan cara menjaga potensial ground sensor dan potensial ground ECU motor pada level yang sama.

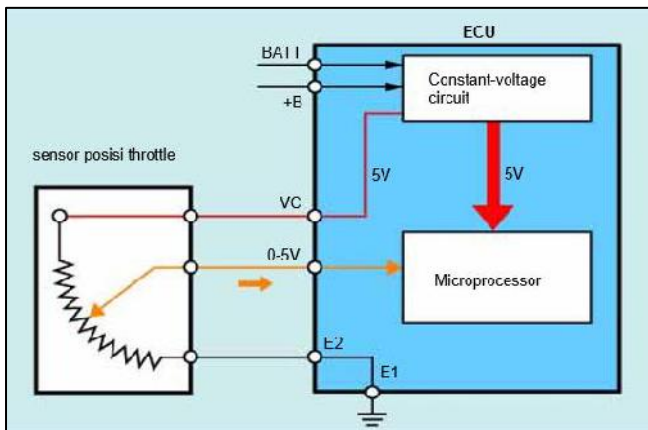
(3) Ground-ground untuk operasi aktuator (E01, E02)

Terminal-terminal E01 dan E02 adalah terminal-terminal ground aktuator, misalnya untuk aktuator, katup ISC, dan heater sensor rasio udara-bahan bakar. Sama dengan terminal E1, terminal-terminal ini terkoneksi tertutup ke ruang intake udara motor.

1.5 Tegangan Terminal Sensor

Sensor mengkonversikan berbagai informasi menjadi perubahan tegangan yang dapat dideteksi oleh ECU motor. Ada banyak tipe sinyal sensor, tetapi ada lima tipe metode utama untuk mengkonversikan informasi menjadi tegangan. Dengan memahami karakteristik tipe-tipe ini, kita dapat menentukan selama pengukuran apakah tegangan terminal sudah benar atau tidak.

(1) Menggunakan tegangan VC (VTA, PIM)



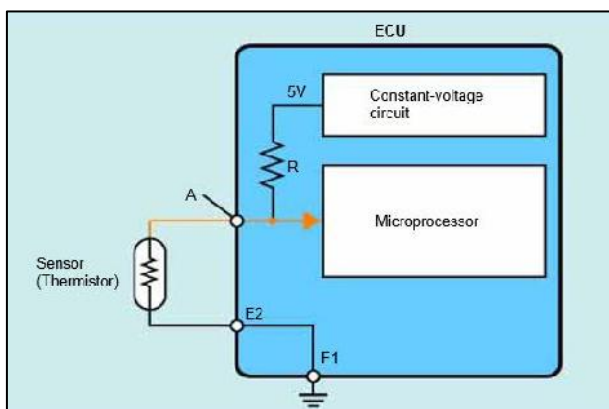
Gambar 1.5 Menggunakan tegangan konstan

Tegangan konstan 5 Volt (tegangan 5 V) untuk mengoperasikan mikroprosesor disediakan di dalam ECU motor oleh tegangan baterai. Tegangan konstan ini, yang disuplai sebagai sumber daya sensor adalah tegangan terminal VC. Pada sensor tipe ini, tegangan (5 V) diberikan di

antara terminal-terminal VC dan E2 dari rangkaian tegangan konstan pada ECU motor sebagaimana terlihat pada gambar 1.5, kemudian sensor ini menggantikan bukaan throttle valve yang terdeteksi atau tegangan intake manifold untuk perubahan tegangan antara 0 dan 5 V agar dapat menjadi output.

Petunjuk penting yang perlu diperhatikan adalah apabila rangkaian tegangan konstan rusak atau terjadi arus pendek pada rangkaian VC, suplai daya ke mikroprosesor terputus, sehingga menyebabkan ECU motor berhenti berfungsi dan motor akan berhenti.

(2) Menggunakan menggunakan thermistor (THW, THA)

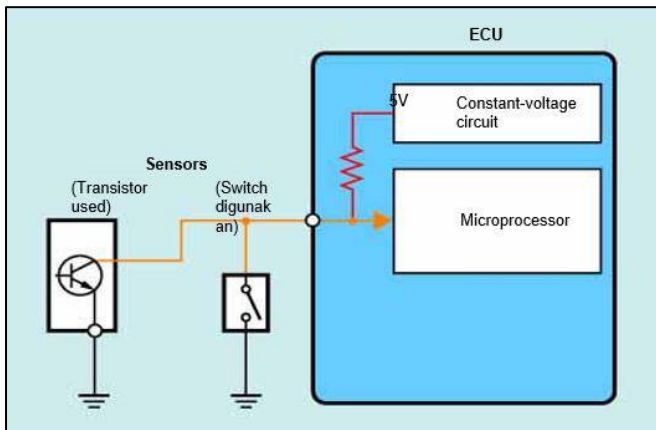


Gambar 1.6 Menggunakan thermistor

Tegangan konstan 5 Volt (tegangan 5 V) untuk mengoperasikan nilai resistansi thermistor berubah sesuai dengan suhu. Karena, thermistor banyak digunakan pada alat-alat seperti water temperature sensor dan intake air temperature sensor, untuk fungsi mendeteksi perubahan suhu. Sebagaimana terlihat dalam gambar 1.6, tegangan disuplai ke thermistor sensor dari rangkaian tegangan konstan (5 V) pada ECU motor melalui resistor R. Properti thermistor digunakan oleh ECU motor untuk mendeteksi suhu dengan menggunakan perubahan tegangan pada titik A seperti pada gambar diatas. Ketika thermistor atau

rangkaian wire harness terbuka, tegangan pada titik A menjadi 5 V, dan ketika terjadi arus pendek dari titik A ke sensor, tegangan menjadi 0 V. Sehingga ECU motor akan mendeteksi kerusakan dengan menggunakan fungsi diagnosis.

- (3) Menggunakan tegangan ON/OFF peralatan lain yang menggunakan switch (IDL, NSW)

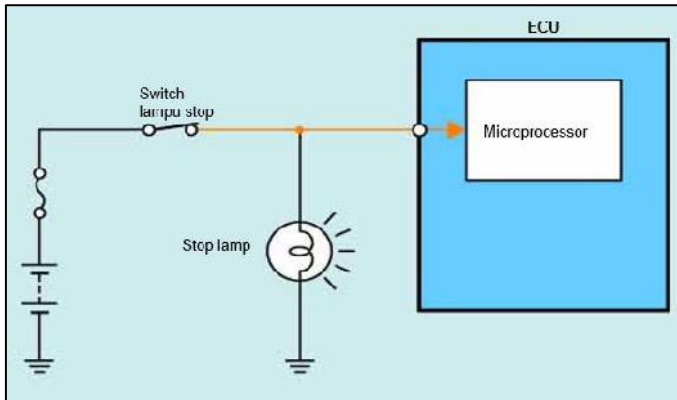


Gambar 1.7 Menggunakan tegangan On/Off

Saat tegangan diset ON dan OFF, sensor akan mendeteksi kondisi switch ON/OFF. Tegangan 5 V diberikan ke switch oleh ECU motor. Tegangan terminal ECU motor adalah 5 V saat switch OFF, dan 0 v saat switch on. ECU motor menggunakan perubahan pada tegangan ini untuk mendeteksi kondisi sensor. Sebagai tambahan, beberapa peralatan menggunakan baterai 12 V.

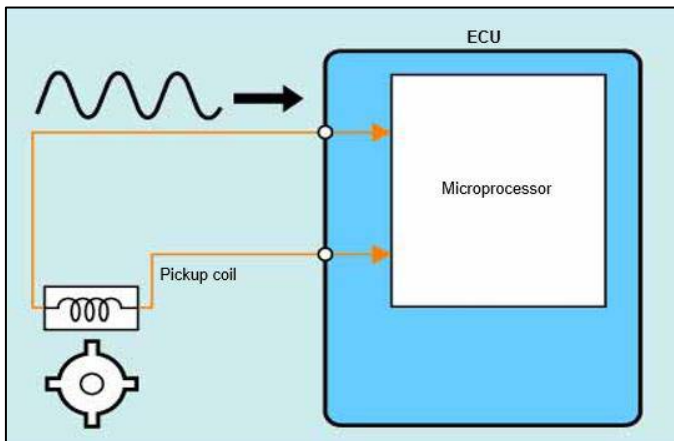
- (4) Menggunakan suplai tenaga selain dari ECU motor (STA, STP)

ECU Motor menentukan apakah sebuah alat bekerja dengan mendeteksi tegangan yang diberikan saat peralatan listrik yang lain sedang bekerja. Gambar 1.8 menunjukkan rangkaian lampu rem, pada saat switch pada posisi ON, maka tegangan baterai 12 V diberikan ke terminal ECU motor dan saat switch posisi OFF tegangan menjadi 0 V.



Gambar 1.8 Menggunakan suplai tenaga lain

- (5) Menggunakan tegangan yang dihasilkan oleh sensor (G, NE, OX, KNK)



Gambar 1.9 Menggunakan tegangan sensor

Karena sensor menghasilkan dan dapat membuat output daya sendiri, maka tegangan tidak perlu diberikan ke sensor. ECU motor menentukan kondisi kerja dengan tegangan dan frekuensi daya yang dihasilkan.

Petunjuk untuk sensor seperti ini, sewaktu memeriksa tegangan terminal ECU motor, sinyal NE, sinyal KNK, dan sinyal lainnya adalah

output dalam bentuk gelombang AC. Oleh karena itu, pengukuran yang akurat dapat dilakukan dengan menggunakan osiloskop.

1.6 Evaluasi

1. Jelaskan garis besar sistem kontrol motor.
2. Jelaskan rangkaian daya kontrol oleh motor ECU.
3. Jelaskan dasar rangkaian ground untuk motor ECU.
4. Jelaskan tegangan terminal sensor menggunakan tegangan VC.

BAB 2

SENSOR DAN SINYAL

2.1 Learning Outcomes

Knowledge Objectives:

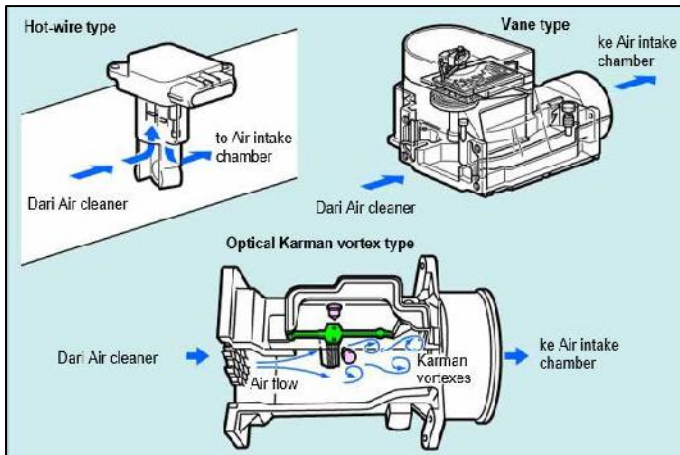
1. Mampu mengetahui jenis-jenis sensor yang ada pada kendaraan.
2. Mampu memahami cara kerja sensor-sensor.
3. Mampu mengetahui sinyal sistem komunikasi sensor-sensor.
4. Membuat simulasi sederhana menggunakan software livewire.

Skill Objectives:

1. Menggunakan AVO meter untuk menghitung perubahan besaran tahanan pada sensor-sensor temperatur.
 2. Membuat alat bantu DC test lamp dan Y Connector untuk diagnosis kondisi sensor-sensor.
-

2.2 Sensor Pengukur Aliran Udara (Air Flow Meter)

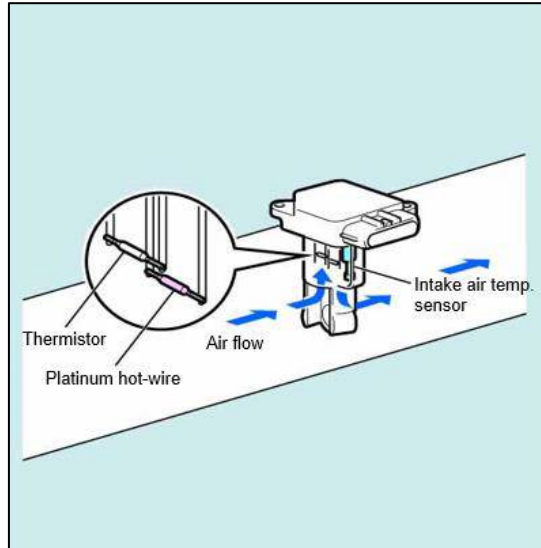
Air flow meter adalah salah satu dari sensor yang paling utama sebab digunakan di EFI tipe L untuk mendeteksi massa atau volume intake udara. Sinyal dari massa atau volume intake udara digunakan untuk mengkalkulasi durasi injeksi dasar dan sudut dasar pengapian. Air flow meter terbagi menjadi dua, jenis pengukur yaitu meteran yang mendeteksi massa intake udara, dan meteran yang mendeteksi volume aliran udara. Pada gambar 2.1 adalah terlihat pengukur massa intake udara tipe Hot- Wire serta pengukur volume aliran udara tipe Vane dan tipe Karman Vorteks Optis. Pada saat ini, kebanyakan model menggunakan tipe hot-wire karena ia memiliki akurasi pengukuran yang lebih baik, bobot ringan dan daya tahan yang baik.



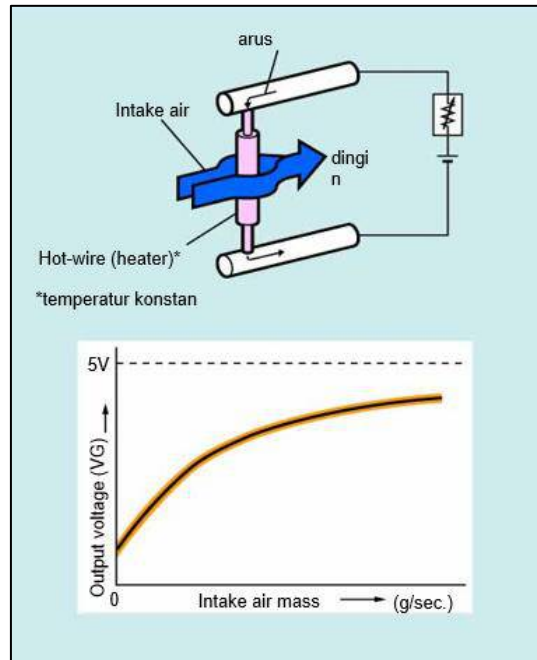
Gambar 2.1 AFM tipe hot wire

(1) Tipe Hot-wire

Sebagaimana ditunjukkan dalam ilustrasi, konstruksi tipe hot-wire akan air flow meter sangat sederhana. Air flow meter yang kecil dan ringan sebagaimana ditunjukkan pada ilustrasi gambar 2.2 dibawah ini. adalah tipe plug-in yang dipasang di saluran udara, dan menyebabkan bagian intake air mengalir melalui area deteksi. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar, sebuah hot-wire dan thermistor yang digunakan sebagai sensor dipasang pada area deteksi. Dengan mengukur langsung massa intake udara, ketepatan deteksi ditingkatkan dan hampir tidak ada tahanan intake udara. Sebagai tambahan, karena tidak ada mekanisme khusus, meteran ini mempunyai daya tahan yang sangat baik. Air flow meter yang ditunjukkan pada ilustrasi juga mempunyai sensor temperatur intake air terpadu.

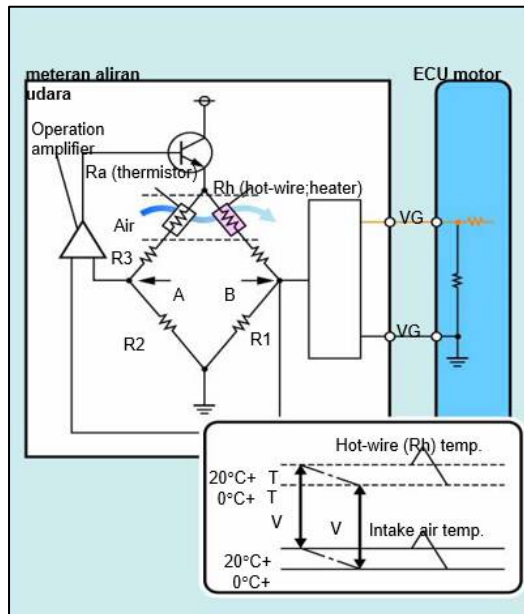


Gambar 2.2 Konstruksi AFM hot wire



Gambar 2.3 Cara kerja AFM hot wire

Seperti ditunjukkan pada gambar 2.3, cara kerjanya adalah arus mengalir ke hot-wire (alat pemanas) menyebabkannya jadi panas. Ketika udara mengalir di sekitar kawat, hot-wire didinginkan sesuai dengan massa intake udara. Dengan mengendalikan arus yang mengalir ke hot-wire untuk menjaga temperatur hot-wire tetap, arus menjadi sebanding dengan massa intake udara. Massa intake udara kemudian bisa diukur dengan mendeteksi arus. Dalam hal tipe hot-wire, arus ini diubah menjadi tegangan yang kemudian di output ECU motor dari terminal VG.



Gambar 2.4 Rangkaian dalam AFM hot wire

Air flow meter seperti gambar 2.4, hot-wire disatukan ke dalam rangkaian jembatan. Rangkaian jembatan ini memiliki karakteristik dari potential titik-titik A dan B sama apabila produk resistansi sepanjang garis adalah sama dengan ($[R_a+R_3] \cdot R_1 = R_h \cdot R_2$). Saat hot-wire didinginkan oleh intake udara, resistansi berkurang, menyebabkan perbedaan potensial titik-titik A dan B. Amplifier mendeteksi

perbedaan ini dan menyebabkan meningkatnya tegangan pada rangkaian (meningkatkan arus mengalir ke hot-wire (Rh)). Saat ini selesai, suhu hot-wire (Rh) naik lagi menyebabkan naiknya resistansi sampai potensial titik-titik A dan B sama (tegangan pada A dan B menjadi tinggi). Dengan memanfaatkan properti rangkaian jembatan ini, air flow meter dapat mengukur massa intake udara dengan mendeteksi tegangan titik B.

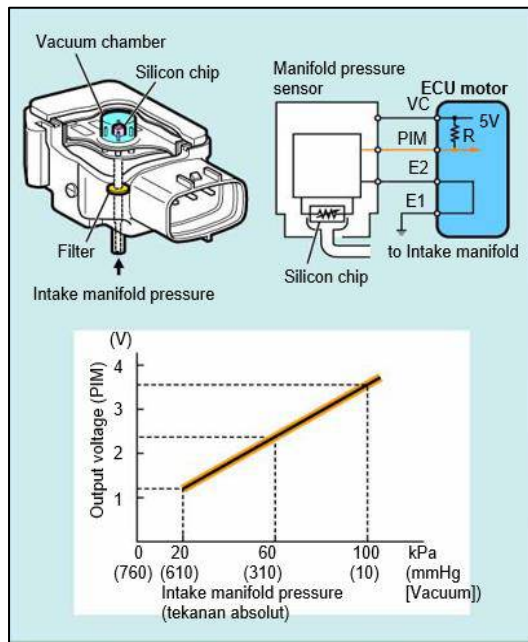
Pada sistem ini, suhu hot-wire (Rh) dijaga agar nilai konstan lebih tinggi dari suhu intake udara dengan menggunakan thermistor (Ra). Karena massa intake udara dapat diukur dengan akurat walaupun suhunya berubah, tidak perlu bagi ECU motor untuk mengoreksi durasi injeksi bahan bakar untuk suhu intake udara. Tambahan lagi, saat densitas udara meningkat pada ketinggian, kapasitas pendinginan udara menurun sama dengan volume intake udara pada garis batas laut. Sebagai hasilnya, jumlah pendinginan untuk hot-wire dikurangi. Karena massa intake udara terdeteksi juga naik, koreksi kompensasi ketinggian tidak diperlukan.

Sebagai petunjuk, tegangan (V) dibutuhkan untuk menaikkan suhu hot-wire (Rh) ke jumlah nilai tertentu dari suhu intake udara konstan sepanjang waktu walaupun suhu intake udara berubah. Juga, kapasitas pendinginan selalu berbanding dengan massa intake udara. Konsekuensinya, bila massa intake udara tetap output air flow meter tidak akan berubah walaupun suhu intake udara berubah.

2.3 Manifold Pressure Sensor (Vacuum Sensor)

Manifold pressure sensor digunakan untuk mendeteksi tekanan pada intake manifold. Ini adalah salah satu sensor penting pada EFI tipe D. Dengan maksud IC dibangun ke dalam sensor ini, manifold pressure sensor mendeteksi intake manifold pressure sebagai sinyal PIM. Motor ECU kemudian menentukan waktu injeksi dasar dan basic ignition advance angle pada dasar sinyal PIM. Sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2.5, silicon chip dikombinasikan dengan vacuum chamber yang

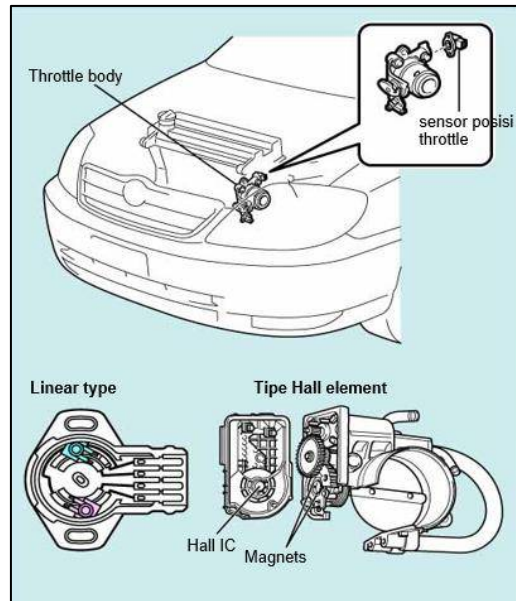
dipertahankan pada tekanan vakum yang ditentukan dan digabungkan ke dalam sensor unit. Satu sisi chip dihubungkan ke intake manifold pressure dan sisi lainnya dihubungkan ke internal vacuum chamber. Karena itu, koreksi kompensasi ketinggian tinggi (high-altitude compensation correction) tidak diperlukan karena intake manifold pressure dapat diukur dengan akurat bahkan ketika ketinggian berubah. Perubahan di intake manifold pressure menyebabkan bentuk silicon chip berubah, dan nilai hambatan chip berfluktuasi sehubungan dengan sudut deformasi. Sinyal tegangan ke dalam yang mana fluktuasi nilai hambatan diubah dengan IC adalah sinyal PIM.



Gambar 2.5 Sensor MAP

Point petunjuk perawatan sensor MAP adalah apabila vacuum hose yang terhubung ke sensor lepas, maka volume injeksi bahan bakar akan mencapai maksimum, dan motor tidak bekerja dengan baik. Dan apabila konektor lepas, motor ECU akan berganti ke fail-safe mode.

2.4 Throttle Position Sensor



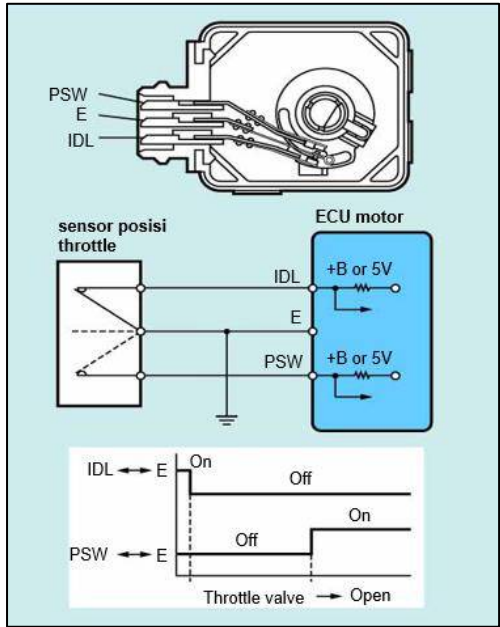
Gambar 2.6 Sensor TPS

Throttle position sensor dipasang pada throttle body. Sensor mengubah sudut bukaan throttle menjadi tegangan, yang dikirim ke ECU motor sebagaimana sinyal bukaan throttle (VTA). Sebagai tambahan, beberapa piranti melakukan output akan sinyal individual IDL. Yang lain menentukannya pada keadaan idle ketika tegangan VTA di bawah nilai standar. Pada saat ini dua tipe yang ada, tipe linear dan tipe hall element, banyak digunakan. Sebagai tambahan, output 2-sistem digunakan untuk meningkatkan kehandalan.

(1) Tipe on-off

Tipe throttle position sensor ini menggunakan idle (IDL) contact dan power (PSW) contact untuk mendeteksi apakah motor idling atau bekerja dengan beban berat. Ketika throttle valve tertutup sepenuhnya, IDL contact dalam ON dan PSW contact dalam OFF. ECU motor menentukan motor dalam keadaan idling. Ketika pedal gas ditekan, IDL

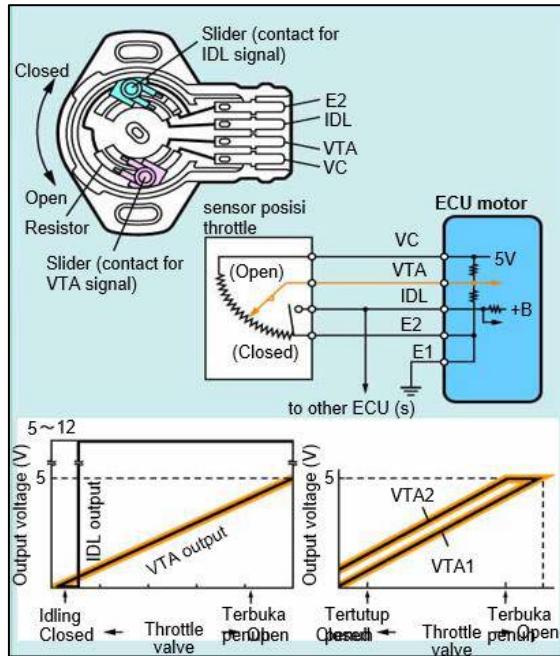
contact mati, dan ketika throttle valve terbuka di atas titik tertentu, PSW contact berubah ON, di waktu itu ECU motor menentukan motor bekerja dalam beban berat.



Gambar 2.7 Sensor TPS – on/off

(2) Tipe linear

Sebagaimana tergambar pada ilustrasi, sensor ini terdiri dari dua slider dan sebuah resistor, dan kontak untuk sinyal IDL dan VTA disediakan pada setiap ujungnya. Ketika kontak menggeser sepanjang resistor selaras dengan sudut bukaan throttle valve, tegangan diberikan ke VTA terminal secara proporsional kepada sudut bukaan throttle. Ketika throttle valve sepenuhnya tertutup, kontak sinyal IDL dihubungkan dengan IDL dan terminal E2.



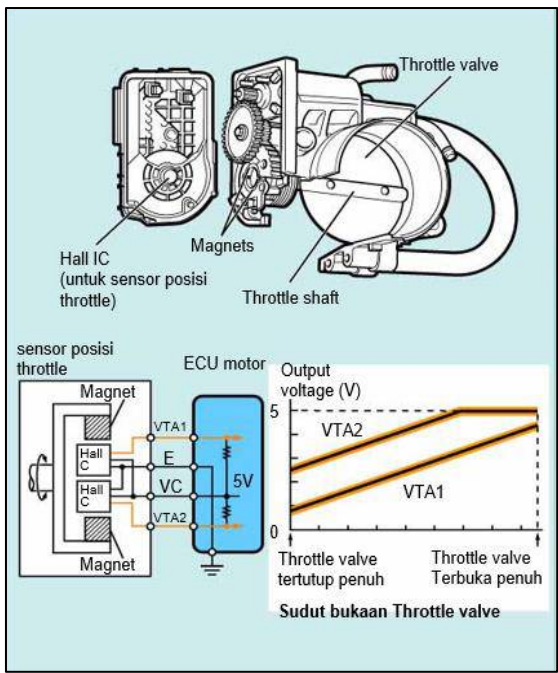
Gambar 2.6 Sensor TPS – linear

Throttle position sensor tipe linier belakang ini menyertakan model tanpa IDL contact atau model yang mempunyai IDL contact tapi tidak terhubung dengan ECU motor. Model tersebut menggunakan VTA signal untuk melakukan learned control dan mendeteksi kondisi idling. Beberapa model menggunakan output 2-sistem (VTA1, VTA2) untuk meningkatkan kemampuan.

(3) Tipe hall element

Throttle position sensor tipe hall element terdiri dari sebuah hall IC yang terbuat dari hall element dan magnet yang berotasi sekelilingnya. Magnet dipasang di atas sumbu-sumbu yang sama dengan throttle shaft dan berotasi bersama dengan throttle valve. Ketika throttle valve terbuka, magnet berotasi pada waktu yang sama, dan magnet mengubah posisinya. Pada saat ini, hall IC mendeteksi perubahan di magnetic flux yang disebabkan perubahan pada posisi

magnet, dan menyebabkan hall effect mengeluarkan tegangan dari terminal VTA1 dan VTA2 sehubungan dengan jumlah perubahan. Sinyal ini dikirim ke ECU motor sebagai sinyal bukaan throttle valve. Sensor ini tidak hanya mendeteksi dengan akurat bukaan throttle valve juga menggunakan metode non kontak dan konstruksinya sederhana sehingga tidak mudah rusak. Sebagai tambahan, untuk menjaga kemampuan sensor, sinyal output dari dua sistem mengeluarkan sinyal dengan karakteristik yang berbeda.



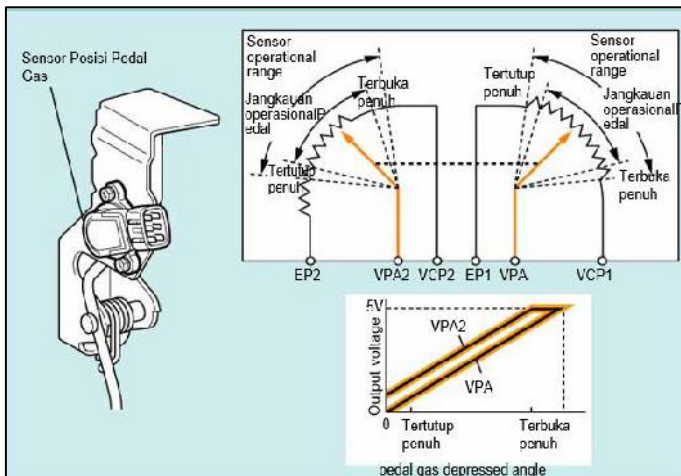
Gambar 2.7 Sensor TPS – hall element

2.5 Accelerator Pedal Position Sensor

Sensor ini mengkonversi banyaknya tekanan pada pedal (sudut) menjadi sinyal listrik lalu dikirim ke ECU motor. Untuk menjamin keakuratan, sensor ini meng-output sinyal dari dua sistem dengan output yang berbeda. Ada dua tipe accelerator pedal position sensor ini, yaitu tipe linear dan tipe hall element.

(1) Tipe Linear

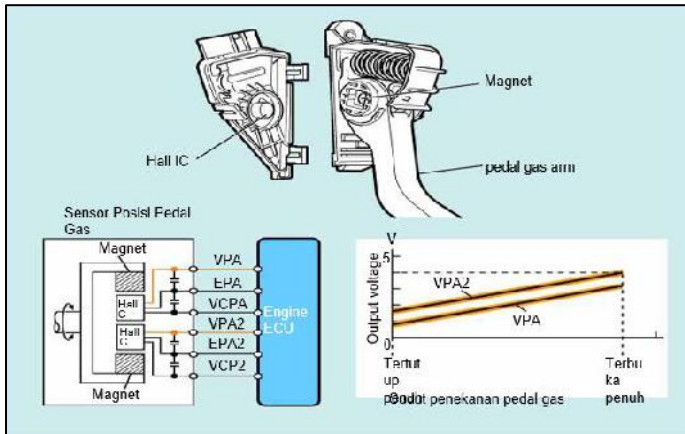
Rancangan dan cara kerja sensor ini pada dasarnya sama dengan throttle position sensor tipe linear. Dari sinyal kedua sistem, satu adalah sinyal VPA yang secara linear meng-output tegangan di dalam rentang penekanan pedal gas. Satunya lagi adalah sinyal VPA2, yang meng-output tegangan offset dari sinyal VPA. Sebagai petunjuk sensor ini harus dicocokkan dengan sangat hati-hati dan akurat. Ganti rakitan pedal gas apabila sensornya rusak.



Gambar 2.8 Sensor posisi pedal gas – tipe linear

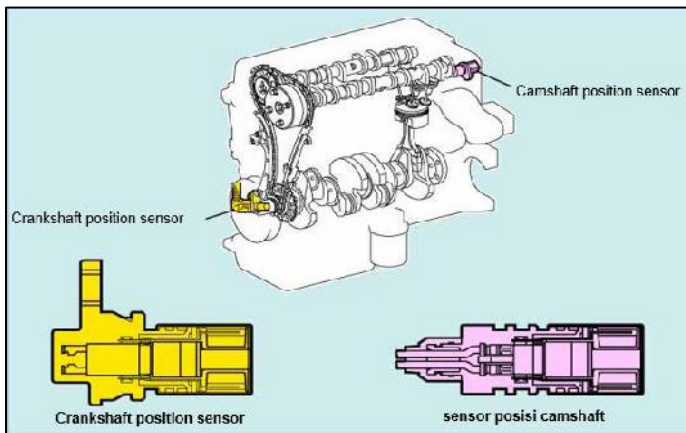
(2) Tipe Hall element

Rancangan dan cara kerjanya pada dasarnya sama seperti throttle position sensor tipe hall element. Untuk menjaga kehandalan, rangkaian listrik independen diberikan untuk tiap-tiap sistem.



Gambar 2.9 Sensor posisi pedal gas – tipe hall element

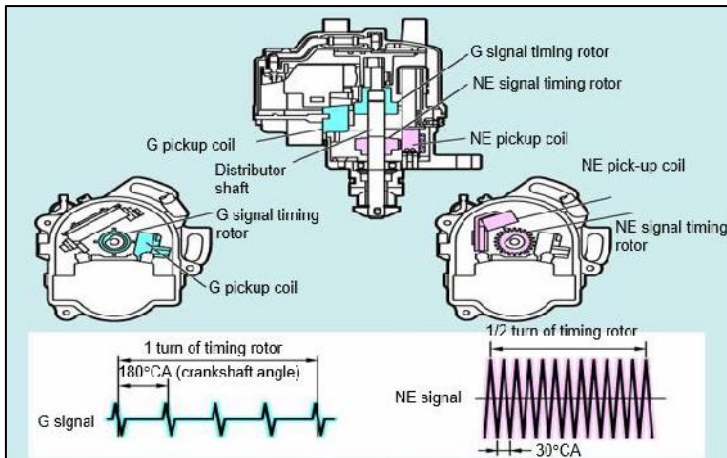
2.6 Generator Sinyal G dan NE



Gambar 2.10 Generator sinyal

Sinyal G dan NE dihasilkan kumparan pickup, lokasi dimana camshaft position sensor atau crankshaft position sensor, dan lempengan sinyal atau timing rotor memberikan informasi. Informasi dari dua sinyal ini dikombinasikan dengan ECU motor untuk secara menyeluruh mendeteksi sudut crankshaft atau putaran motor. Dua sinyal ini penting untuk sistem EFI dan sistem ESA.

(1) Tipe In-distributor



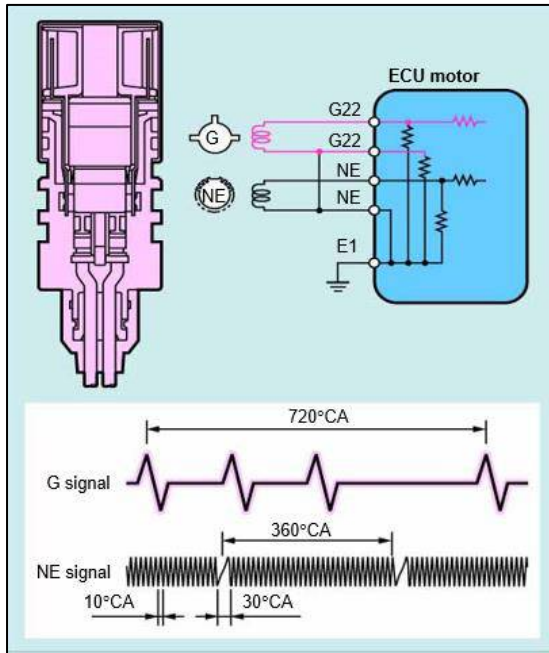
Gambar 2.11 Tipe in distributor

Pada gambar 2.11, tipe ini memiliki timing rotor dan kumparan pickup pada distributornya untuk sinyal G dan NE. Jumlah gigi pada rotor dan jumlah kumparan pickup berbeda tergantung model motor. ECU motor mendapatkan informasi sudut crankshaft, yang berfungsi sebagai standar, dari sinyal G, dan informasi putaran motor dari sinyal NE.

(2) Camshaft position sensor (Generator sinyal G)

Pada camshaft diseberrang camshaft position sensor adalah lempeng sinyal G dengan tonjolan. Nomor tonjolan ini adalah 1, 3, atau nomor lain tergantung dari model motor (ada tiga tonjolan pada gambar 2.12). Saat camshaft berotasi, celah udara antara tonjolan pada camshaft dan sensor berubah. Perubahan ini menghasilkan tegangan pada kumparan pickup pada sensor. Ini akan menghasilkan sinyal G. Sinyal ini dikirim sebagai informasi standar tentang sudut crankshaft ke ECU motor, yang mengkombinasikannya dengan sinyal NE dari crankshaft position sensor untuk menentukan kompresi TDC (Top Dead Center) tiap silinder untuk pengapian dan mendeteksi sudut crankshaft. ECU motor

menggunakannya untuk menentukan durasi injeksi dan waktu pengapian.



Gambar 2.12 Sensor CMP – sinyal G

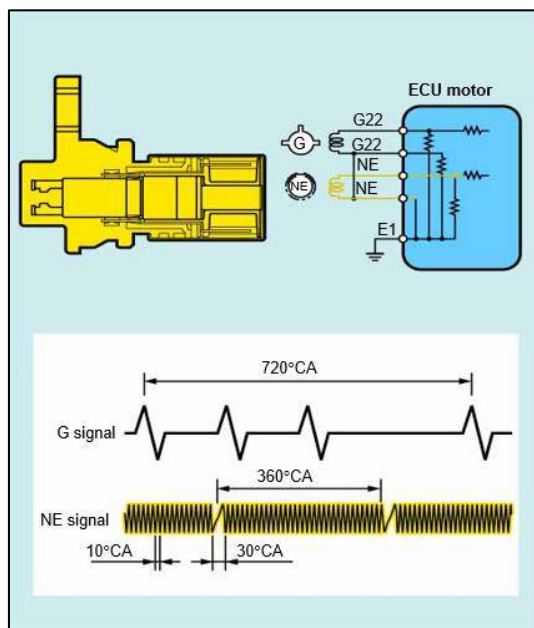
Saat sinyal G dari sensor tidak diterima ECU motor, ada model yang motornya tetap bekerja, dan pada model yang lain motor akan berhenti yang berarti kendaraan akan mati.

(3) Crankshaft position sensor (generator sinyal NE)

Sinyal NE digunakan ECU motor untuk mendeteksi sudut crankshaft dan putaran motor. ECU motor menggunakan kedua sinyal untuk menghitung durasi injeksi dan sudut dasar pengapian lanjut. Seperti sinyal G, sinyal NE dihasilkan celah udara antara crankshaft position sensor dan tonjolan pada sekeliling timing rotor pada crankshaft.

Gambar 2.13 menunjukkan tipe generator sinyal dengan 34 tonjolan dan area dengan dua gigi yang menghilang. ECU motor

mengkombinasikan kedua sinyal untuk secara lengkap dan akurat menentukan sudut crankshaft. Sebagai tambahan, beberapa generator sinyal memiliki 12 tonjolan, atau jumlah tonjolan yang lain, tapi akurasi deteksi sudut crankshaft bervariasi tergantung jumlah tonjolan. Sebagai contoh, tipe dengan 12 tonjolan memiliki akurasi deteksi sudut crankshaft 30°CA.

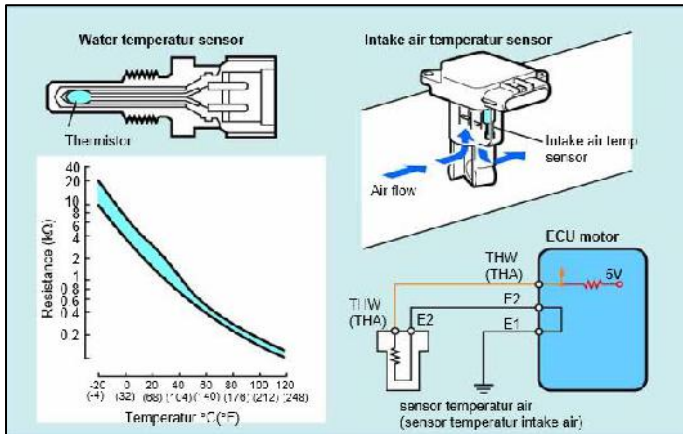


Gambar 2.13 Sensor CMP – sinyal NE

Saat sinyal NE dari sensor tidak diterima oleh ECU motor, ECU motor menghentikan motor.

2.7 Water Temperature Sensor/Intake Air Temperature Sensor

Kedua sensor memiliki thermistor terpadu, dimana semakin rendah suhunya, semakin besar nilai resistansinya. Sebaliknya, semakin tinggi suhunya, semakin rendah nilai resistansinya. Dan perubahan nilai resistansi ini digunakan untuk mendeteksi perubahan suhu pendingin dan intake udara.



Gambar 2.14 Sensor suhu intake udara

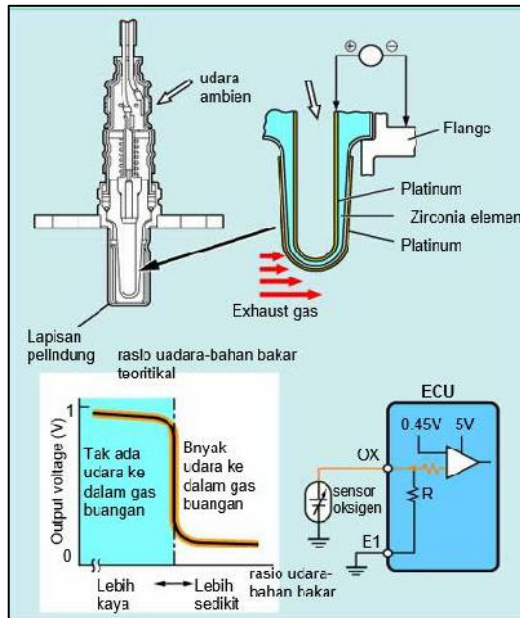
Pada gambar 2.14, resistor terpadu ECU motor dan thermistor pada sensor dihubungkan secara serial dalam rangkaian listrik supaya tegangan sinyal dideteksi oleh ECU motor berubah sesuai dengan perubahan resistansi thermistor. Saat suhu pendingin atau intake udara rendah, resistansi thermistor besar, menghasilkan tegangan tinggi pada sinyal THW dan THA.

Sensor ini mengukur suhu intake udara. Jumlah dan densitas udara berubah sesuai dengan suhu udara. Karenanya, walaupun jumlah yang dideteksi meteran sama, jumlah bahan bakar yang diinjeksikan harus dikoreksi. Untuk meteran tipe hot-wire langsung mengukur massa udara, karena itu, koreksi tidak diperlukan.

2.8 Sensor Oksigen (Sensor O2)

Untuk memaksimalkan fungsi pemurnian motor dengan TWC (Three-Way Catalytic Converter), rasio udara-bahan bakar harus sedekat mungkin dengan rasio teoritis. Oksigen sensor mendeteksi apakah konsentrasi oksigen pada gas buangan banyak atau sedikit dari rasio teoritis. Sensor dipasang di exhaust manifold, tetapi lokasi dan nomornya tergantung motor. Sensor ini mengandung elemen yang terbuat dari zirkonum oksida (ZrO_2), satu bahan sejenis keramik.

Bagian dalam dan luar elemen ini dilapisi lapisan tipis platinum. Udara disekitar akan diarahkan ke dalam sensor dan bagian luar sensor dipaparkan ke gas buangan.



Gambar 2.15 Sensor O₂

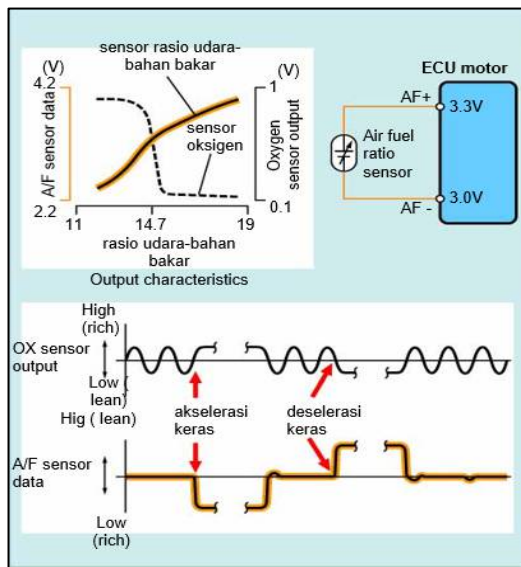
Pada suhu tinggi (400°C / 752°F dan lebih), elemen zirkonium menghasilkan tegangan akibat perbedaan konsentrasi oksigen di dalam dan di luar elemen zirkonium. Sebagai tambahan, platinum bertindak sebagai katalis untuk menghasilkan reaksi kimia antara oksigen dan karbon monoksida (CO) dalam gas buangan. Ini mengurangi jumlah oksigen dan meningkatkan sensitivitas sensor. Saat campuran udara-bahan bakar cenderung kurus, terdapat banyak oksigen di gas buangan, dan ada sedikit perbedaan konsentrasi oksigen diluar dan didalam elemen zirkonium. Karenanya, elemen hanya menghasilkan tegangan kecil (hampir 0 V). Sebaliknya apabila campuran gemuk, hampir tidak ada oksigen di gas buangan. Dan ada perbedaan konsentrasi yang besar

di luar dan didalam sensor, sehingga elemen menghasilkan tegangan yang cukup besar (sekitar 1 V).

Berdasarkan sinyal output OX oleh sensor, ECU motor menaikkan atau menurunkan volume injeksi bahan bakar agar rasio udara-bahan bakar rata-rata dekat dengan rasio teoritis. Beberapa sensor oksigen zirkonium memiliki pemanas untuk memanaskan elemen dan pemanas ini dikontrol oleh ECU motor. Saat jumlah intake udara rendah (atau suhu gas buangan rendah), arus akan dikirim ke pemanas untuk memanaskan sensor.

2.9 Sensor Rasio Udara-Bahan Bakar (AFR)

Seperti pada oksigen sensor, sensor rasio mendeteksi konsentrasi oksigen dalam gas buangan. Oksigen sensor konvensional bekerja sedemikian rupa sehingga tegangan output cenderung berubah secara drastis di batasan rasio teoritis. Sebagai perbandingan, sensor rasio memberikan tegangan konstan untuk mendapatkan tegangan yang hampir proporsional dengan konsentrasi oksigen. Ini meningkatkan akurasi deteksi rasio.



Gambar 2.16 Sensor AFR

Gambar output menunjukkan rasio udara-bahan bakar pada display tester genggam. Rangkaian yang menjaga tegangan konstan pada terminal AF+ dan AF- dari ECU motor dibuat. Karenanya, kondisi output sensor rasio tidak bisa dideteksi voltmeter. Harap gunakan tester genggam.

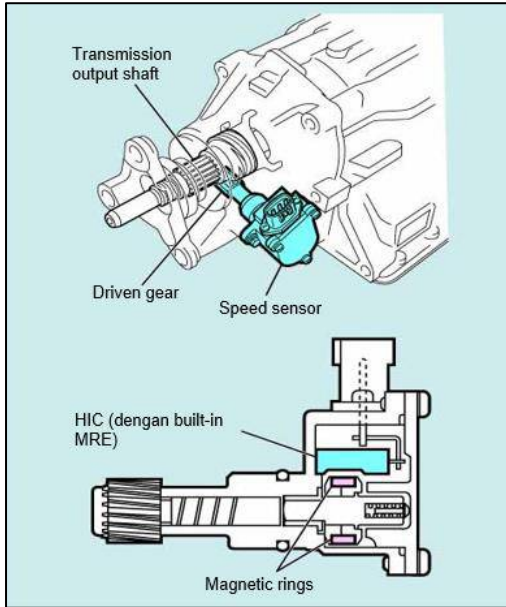
Karakteristik output sensor rasio udara-bahan bakar memungkinkan koreksi segera setelah ada perubahan dalam rasio, yang menyebabkan koreksi feed back rasio udara-bahan bakar lebih cepat dan akurat. Seperti pada beberapa oksigen sensor, sensor rasio udara-bahan bakar juga memiliki pemanas untuk menjaga performa pendeteksian saat suhu buangan rendah. Namun heater sensor rasio memiliki lebih banyak arus dibanding pemanas di dalam oksigen sensor.

2.10 Vehicle Speed Sensor

Sensor ini mendeteksi kecepatan aktual kendaraan. Sensor meng-output sinyal SPD, dan ECU motor menggunakan sinyal ini utamanya untuk mengontrol sistem ISC dan rasio udara-bahan bakar selama akselerasi dan deselerasi, serta kegunaan lainnya. Tipe-tipe MRE (Magnetic Resistance Element) adalah tipe utama speed sensor, tetapi akhir-akhir ini banyak model menggunakan sinyal SPD dari ECU ABS.

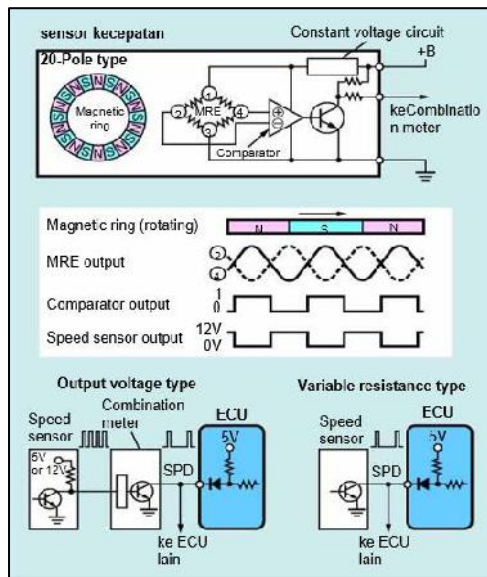
(1) Konstruksi - tipe MRE

Sensor ini dipasang di transaxle, transmisi, atau transfer, dan dikendalikan dengan drive gear dari poros output (output shaft). Pada gambar 2.17, sensor terpadu dan terdiri dari HIC (Hybrid Integrated Circuit) dengan MRE dan magnetic ring.



Gambar 2.17 Sensor kecepatan kendaraan

(2) Cara Kerja – tipe MRE



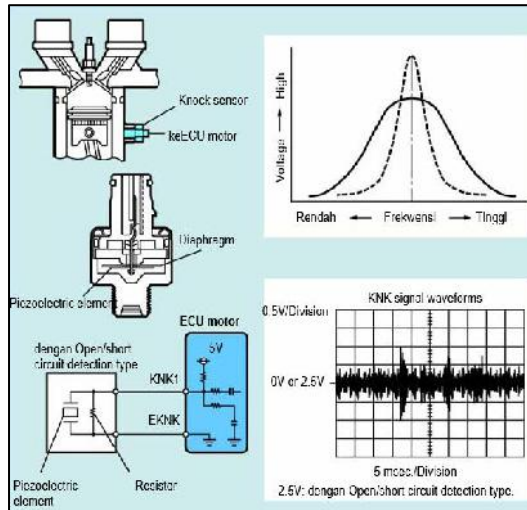
Gambar 2.17 VSS - tipe MRE

Resistansi MRE berubah bergantung dari arah gaya magnet yang diberikan ke MRE. Apabila arah gaya magnet berubah sesuai dengan rotasi magnet yang ditempelkan ke magnetic ring, output MRE menjadi gelombang AC (lihat gambar). Komparator pada sensor mengkonversi gelombang AC ke sinyal digital dan meng-outputnya. Frekuensi gelombang ditentukan oleh jumlah kutub magnet pada magnetic ring. Ada dua tipe magnetic ring, tipe 20 kutub dan 40 kutub, tergantung dari model kendaraan Tipe pertama menghasilkan 20 siklus gelombang (20 pulsa tiap rotasi magnetic ring), dan tipe kedua menghasilkan 4 siklus gelombang. Pada beberapa model, sinyal dari speed sensor melewati meter kombinasi sebelum sampai di ECU motor, dan pada model lainnya, sinyal langsung sampai ke ECU motor. Rangkaian output dari speed sensor terdiri dari tipe tegangan dan tipe resistansi variabel.

2.11 Knock Sensor

Sensor ini menempel pada blok silinder, dan mengirimkan sinyal KNK ke ECU motor saat ketukan motor terdeteksi. ECU motor menerima sinyal KNK dan memundurkan waktu pengapian untuk menekan ketukan. Sensor ini memiliki elemen piezoelectric, yang menghasilkan tegangan AC ketika ketukan menyebabkan vibrasi dalam blok silinder dan merubah bentuk elemen.

Frekuensi ketukan motor ada dalam kisaran 6 hingga 13 kHz tergantung model motor. Sensor digunakan sesuai dengan ketukan yang dihasilkan tiap motor. Ada dua tipe knock sensor. Dari grafik, satu tipe menghasilkan tegangan tinggi dalam kisaran frekuensi vibrasi yang tipis, dan yang lainnya dalam kisaran frekuensi vibrasi lebar. Akhir-akhir ini, beberapa jenis sensor yang mendeteksi rangkaian terbuka dan arus pendek mulai digunakan seperti terlihat pada gambar 2.18. Dalam rangkaian jenis ini 2,5 V diberikan dengan konstan agar sinyal KNK juga di output dengan frekuensi dasar 2,5 V.

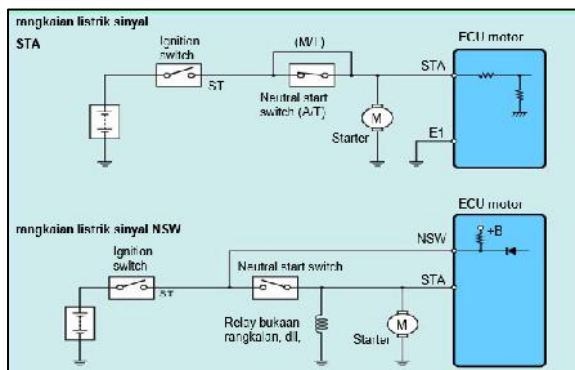


Gambar 2.18 Sensor ketukan

2.12 Sinyal STA (Starter) / Sinyal NSW (Neutral Start Switch)

(1) Sinyal STA (starter)

Sinyal STA digunakan untuk mendeteksi apakah motor hidup atau tidak. Fungsi utamanya adalah mendapatkan persetujuan dari ECU motor untuk menambah volume injeksi bahan bakar selama starter. Pada diagram rangkaian, sinyal STA mendeteksi di dalam ECU motor tegangan yang sama dengan yang disuplai ke starter.



Gambar 2.19 Sinyal STA/Sinyal NSW

(2) Sinyal NSW (neutral start switch)

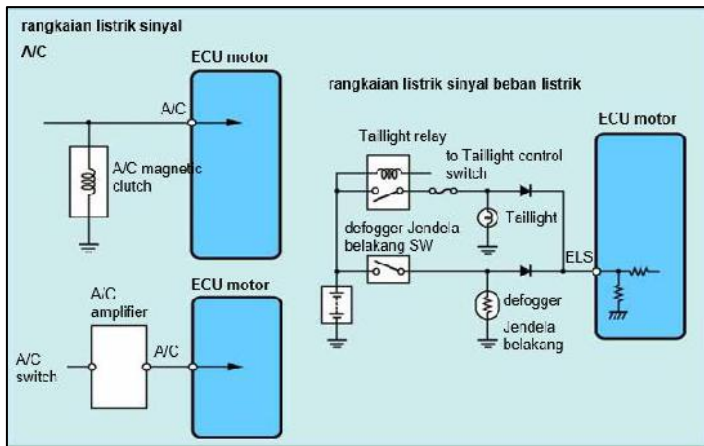
Sinyal ini hanya digunakan di kendaraan dengan transaxle otomatis, dan digunakan untuk mendeteksi posisi tuas gigi. ECU motor menggunakan sinyal ini untuk menentukan apakah tuas gigi ada pada posisi "P" atau "N" atau posisi lain. Sinyal NSW terutama digunakan untuk mengontrol sistem ISC.

2.13 Sinyal A/C (Air Conditioner) / Sinyal Beban Listrik (Electrical Load Signal)

(1) Sinyal A/C (Air Conditioner)

Sinyal A/C berbeda tergantung dari model kendaraan, tetapi ia mendeteksi apakah tuas magnet dari AC atau switch AC pada posisi ON.

Sinyal A/C digunakan untuk mengontrol waktu pengapian selama idling, mengontrol sistem ISC, cut-off bahan bakar, dan fungsi lainnya.



Gambar 2.20 Sinyal A/C

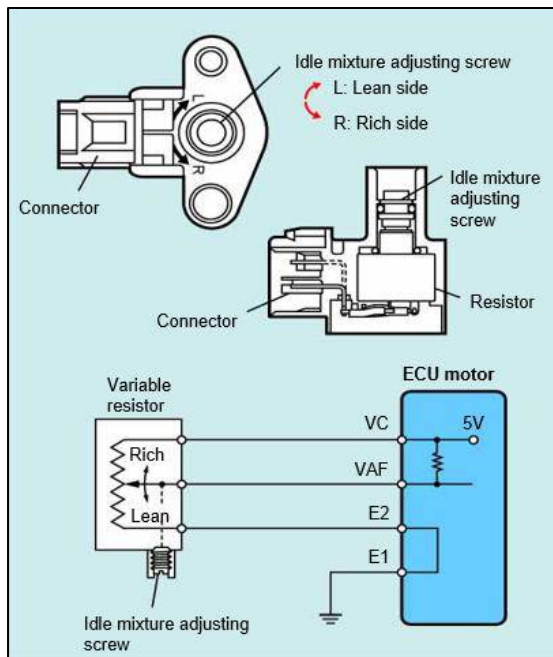
(2) Sinyal Beban Listrik

Sinyal ini digunakan untuk mendeteksi apakah lampu depan, anti kabut jendela belakang (defogger) atau alat lainnya pada posisi ON. Sebagaimana terlihat pada diagram rangkaian, sinyal rangkaian memiliki beberapa sinyal beban listrik. Tergantung dari model

kendaraan, semua dikumpulkan dan dikirim ke ECU motor sebagai satu sinyal, atau tiap sinyal dikirim sendiri-sendiri ke ECU motor. Sinyal ini digunakan untuk mengontrol sistem ISC.

2.14 Variable Resistor

Variabel resistor digunakan untuk mengubah rasio udara-bahan bakar selama idling dan untuk mengatur CO idling. Resistor ini dipasang pada model tanpa oksigen sensor atau sensor rasio udara-bahan bakar. Saat idle mixture adjusting screw diputar ke arah R, kontak di dalam resistor bergerak untuk meningkatkan tegangan terminal VAF. Sebaliknya, bila diputar ke arah L, Tegangan terminal VAF berkurang. Saat tegangan terminal VAF bertambah, ECU motor sedikit menambahkan volume injeksi bahan bakar agar campuran udara-bahan bakar sedikit lebih gemuk.



Gambar 2.21 Variable Resistor

Keterangan:

Karena air flow meter tipe vane memiliki idle mixture adjusting screw di rangkanya, variabel resistor tidak dibutuhkan walaupun tidak terdapat oksigen sensor.

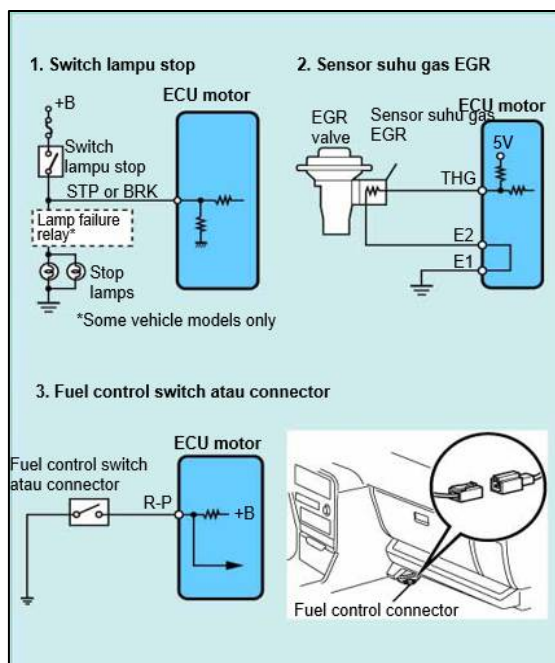
2.15 Lain-lain

(1) Switch Lampu Rem

Sinyal dari switch ini mendeteksi operasi rem. Tegangan sinyal STP sama dengan tegangan yang diberikan ke lampu rem sebagaimana terlihat pada gambar 2.22.

(2) EGR Gas Temperature Sensor

EGR gas temperature sensor dipasang di dalam katup EGR dan menggunakan thermistor untuk mengukur suhu gas EGR.

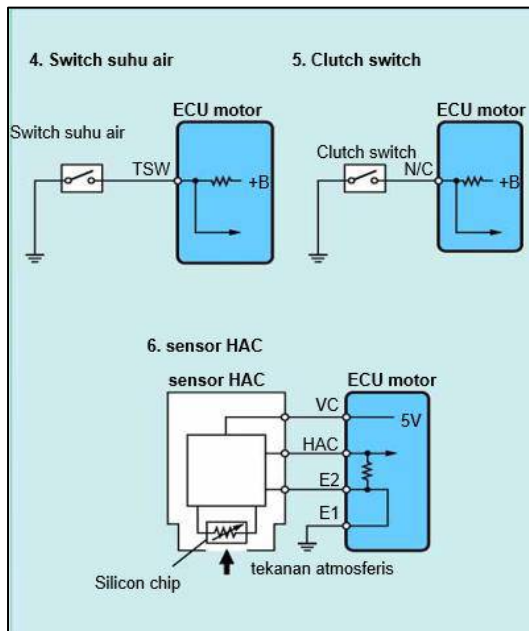


Gambar 2.22 Switch lampu stop, EGR, dan fuel control

(3) Switch Kontrol Bahan Bakar Dan Konektor

Switch kontrol bahan bakar dan konektor memberitahu ECU motor apakah bahan bakar yang digunakan adalah regular atau premium.

Pada beberapa model menggunakan konektor kontrol bahan bakar menggantikan switch. konektor ini harus dihubungkan saat bensin premium digunakan, dan diputuskan saat bensin reguler digunakan. Pada model lainnya, ini berlaku sebaliknya. Untuk informasi mengenai posisi konektor atau metode penggantian bensin reguler/premium bisa dilihat pada buku pedoman pemilik kendaraan.



Gambar 2.23 Switch suhu air, clutch, dan HAC

(4) Water Temperature Switch

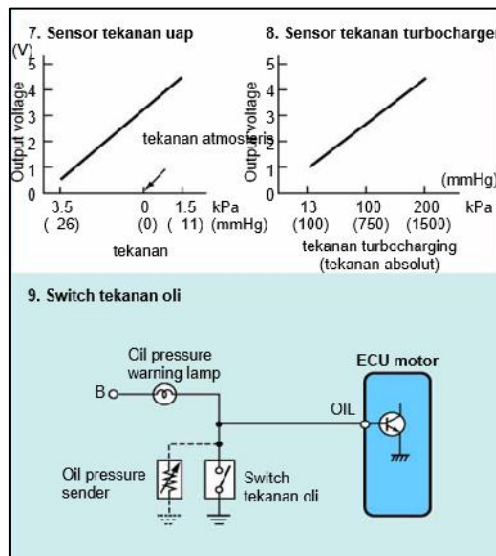
Water temperature switch ditempelkan ke blok silinder, dan diset ke ON saat suhu pendingin menjadi tinggi.

(5) Clutch Switch

Clutch switch ada dibawah pedal kopling dan mendeteksi apakah pedal kopling ditekan penuh.

(6) Sensor HAC (High-Altitude Compensation)

Sensor HAC mendeteksi perubahan tekanan atmosfer. Konstruksi dan cara kerja sama dengan pada manifold pressure sensor. Sensor ini kadangkala ada di dalam ECU motor dan kadangkala diluarnya. Saat mengemudi pada ketinggian tinggi, tekanan atmosfer dan densitasnya berkurang. Motor EFI tipe L, kecuali yang menggunakan air flow meter tipe hotwire, cenderung membuat campuran udara-bahan bakar gemuk. Sensor HAC mengkompensasinya dengan rasio udara-bahan bakar.



Gambar 2.24 Sensor vapor pressure, turbocharging, dan oil pressure

(7) Vapor Pressure Sensor

Sensor ini mengukur tekanan uap bahan bakar dalam tangki bahan bakar. Konstruksi dan cara kerja dasarnya sama dengan pada manifold pressure sensor. Tidak seperti karakteristik output sensornya, vapor

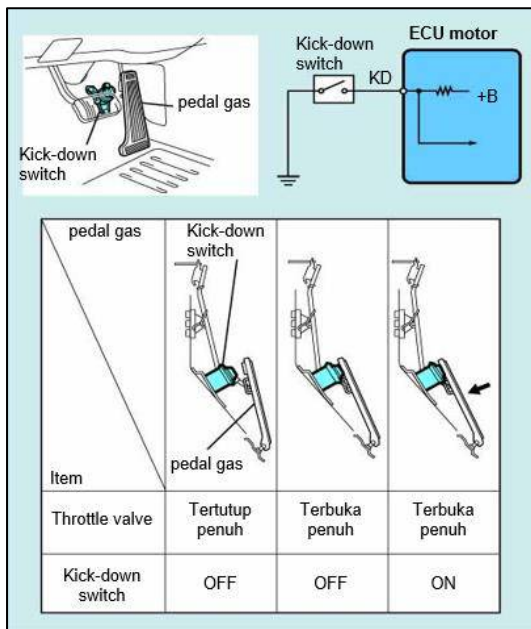
pressure sensor dapat mendeteksi perubahan kecil saja pada tekanan uap.

(8) Turbocharging Pressure Sensor

Turbocharging pressure sensor mendeteksi tekanan intake manifold yang diisi oleh turbocharger. Konstruksi dan cara kerja dasarnya sama dengan pada manifold pressure sensor. Apabila tekanan intake manifold yang diisi di turbocharger menjadi sangat tinggi, ECU motor akan memotong suplai bahan bakar untuk melindungi motor.

(9) Oil Pressure Switch

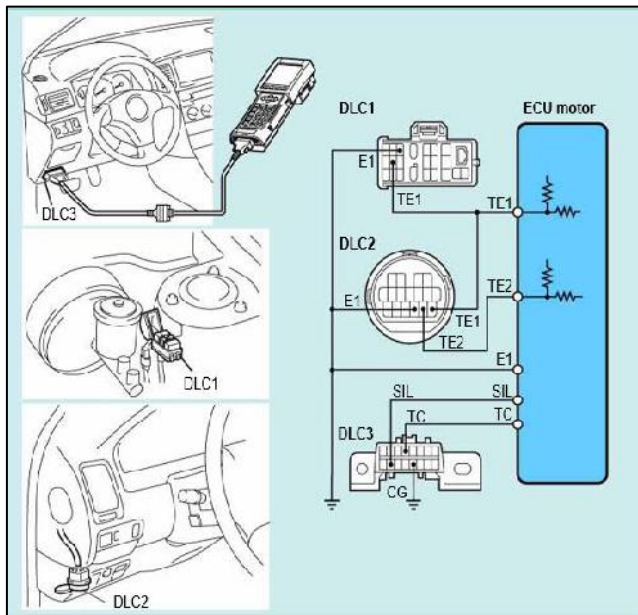
Sinyal oil pressure switch digunakan untuk menentukan tekanan oli motor yang rendah. Sinyal ini digunakan untuk mengontrol sistem ISC. Saat tekanan oli rendah, pelumasan dan pendinginan komponen motor akan terganggu. Karena itu, ECU motor akan meningkatkan idling speed, dll., untuk mengembalikan tekanan oli ke level normal.



Gambar 2.25 Kick down switch

(10) Kick-Down Switch

Switch kick-down juga disebut switch full-throttle, dan langsung dipasang dibawah panel lantai dari pedal gas.



Gambar 2.26 Switch kick down

2.16 Terminal Diagnostik

Ketika ECU motor menyimpan DTC (Diagnostic Trouble Code) di dalam memori, DTC harus diperiksa dan diperbaiki. DLC (Data Link Conector) mengandung terminal DLC3 yang diperlukan untuk menampilkan DTC untuk berkomunikasi langsung dengan ECU motor saat menggunakan tester genggam.

Tetapi kalau tidak punya tester genggam bisa dilakukan dengan cara menghubungkan terminal-terminal TE1, TE2, E1, TC dan CG yang menyebabkan MIL (Malfunction Indicator Lamp) yang ada di combination meter menyala.

2.17 Evaluasi

1. Jelaskan cara kerja sensor intake air temperature.
2. Jelaskan pemeriksaan kondisi sensor temperature menggunakan AVO meter.
3. Bagaimana sensor tipe induksi menghasilkan sinyal.
4. Jelaskan pemeriksaan kondisi sensor menggunakan DC test lamp.

BAB 3

ELECTRONIC FUEL INJECTION (EFI)

3.1 Learning Outcomes

Knowledge Objectives:

1. Mampu mengetahui dan memahami kerja komponen utama sistem bahan bakar.
2. Memahami konfigurasi dasar EFI.
3. Memahami aplikasi sederhana injeksi bahan bakar.

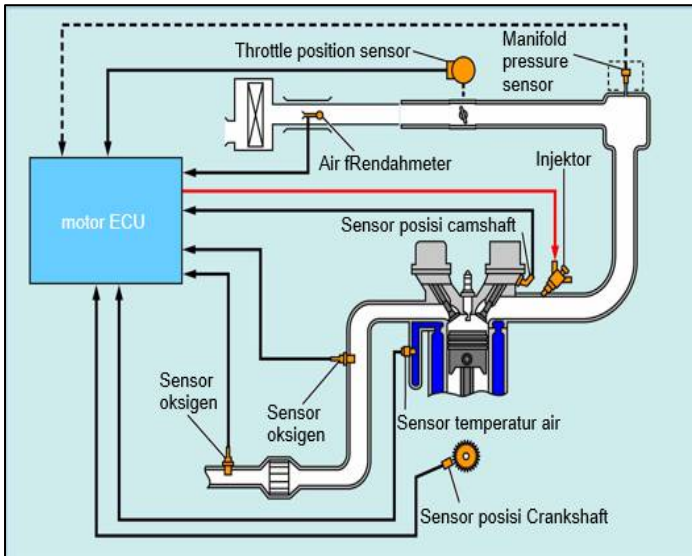
Skill Objectives:

1. Menggunakan alat bantu DC test lamp dan Y Connector untuk diagnosis komponen-komponen utama sistem bahan bakar.
-

3.2 Electronic Fuel Injection (EFI)

Air flow meter adalah salah satu dari sensor yang paling utama sebab digunakan di EFI tipe L untuk mendeteksi massa atau volume intake udara. Sinyal dari massa atau volume intake udara digunakan untuk mengkalkulasi durasi injeksi dasar dan sudut dasar pengapian. Air flow meter terbagi menjadi dua, meteran yang mendeteksi massa intake udara, dan meteran volume aliran udara, massa intake udara, dan meteran volume volume aliran udara, urutan tipe termasuk dibawah ini.

Sistem EFI menggunakan beragam sensor untuk mendeteksi kondisi jalan motor dan kendaraan. Dan ECU motor menghitung volume injeksi bahan bakar optimal, dan menyebabkan injektor untuk menginjeksikan bahan bakar. Gambar 3.1 menunjukkan konfigurasi dasar EFI.

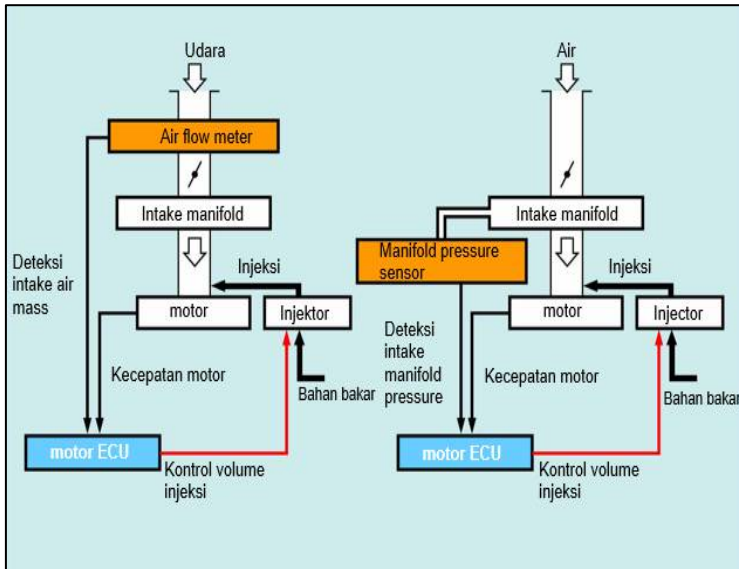


Gambar 3.1 Sistem EFI

Keterangan gambar :

- Motor ECU ; berfungsi mengkalkulasikan durasi injeksi bahan bakar optimal berdasarkan sinyal dari sensor-sensor.
- Air Flow Meter atau Manifold Pressure Sensor ; berfungsi mendeteksi massa intake udara atau tekanan manifold.
- Crankshaft Position Sensor ; berfungsi mendeteksi sudut crank dan putaran motor.
- Camshaft Position Sensor ; berfungsi mendeteksi sudut standar crank dan timing camshaft.
- Water Temperature Sensor ; berfungsi mendeteksi suhu pendingin.
- Throttle Position Sensor ; Ini mendeteksi sudut bukaan throttle valve.
- Oksigen Sensor : Ini mendeteksi konsentrasi oksigen dalam gas buangan.

Ada dua tipe sistem EFI yang diklasifikasikan dengan metode jumlah deteksi intake udara.



Gambar 3.2 Tipe EFI

(1) L-EFI (Tipe kontrol aliran udara)

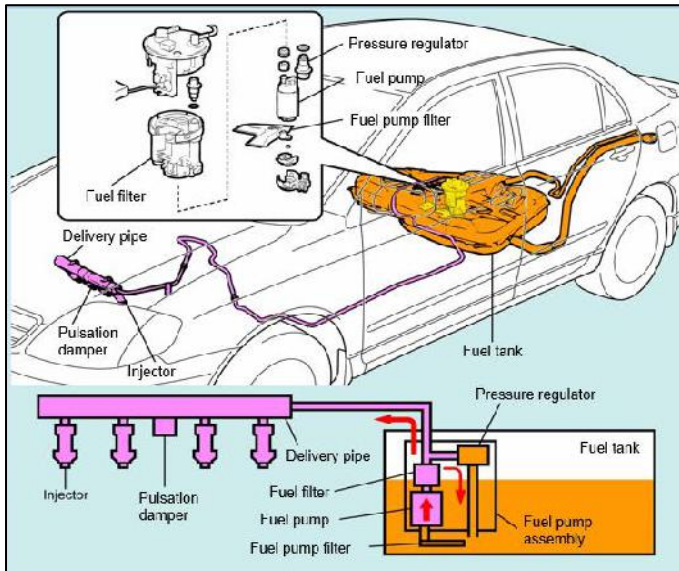
Tipe ini menggunakan air flow meter untuk mendeteksi jumlah udara yang mengalir di dalam intake manifold. Ada dua tipe metode pendeteksian: satunya langsung mengukur massa intake udara, dan satunya lagi membuat koreksi berdasarkan volume udara.

(2) D-EFI (Tipe manifold pressure control)

Tipe ini mengukur tekanan di dalam intake manifold untuk mendeteksi jumlah intake udara dengan menggunakan densitas intake udara.

3.3 Sistem Bahan Bakar

Bahan bakar diambil dari tangki bahan bakar oleh pompa bahan bakar dan disemprotkan dengan tekanan oleh injektor. Tekanan bahan bakar dalam jalur bahan bakar harus diatur untuk menjaga injeksi bahan bakar yang stabil dengan pressure regulator dan pulsation damper.



Gambar 3.3 Komponen Utama EFI

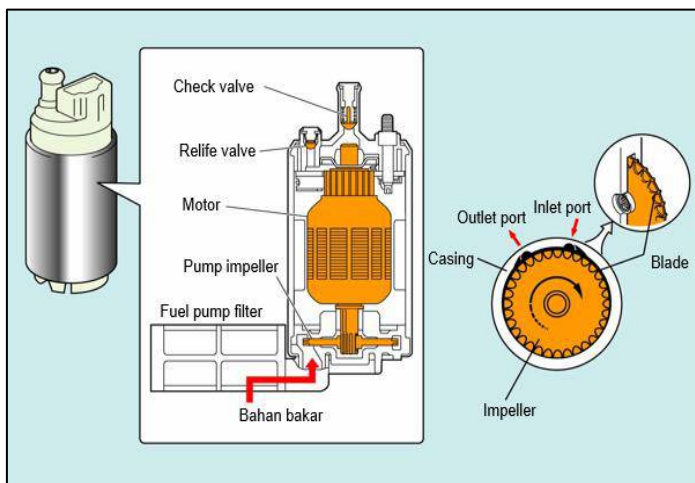
Komponen utama sistem bahan bakar :

- Tangki bahan bakar
- Rakitan pompa bahan bakar
- Pompa bahan bakar
- Saringan pompa bahan bakar
- Saringan bahan bakar
- Pressure regulator
- Delivery pipe
- Injektor
- Pulsation damper

(1) Pompa bahan bakar

Pompa bahan bakar dipasang dan digabungkan dengan saringan bahan bakar, pressure regulator, fuel delivery meter, dll. Pump impeller diputar oleh motor untuk memampatkan bahan bakar. Check valve memeriksa tertutup saat pompa dihentikan untuk menjaga tekanan dalam jalur bahan bakar dan memudahkan starter kembali motor.

Apabila tidak ada tekanan residual, penguncian uap dapat dengan mudah terjadi pada suhu tinggi, menyebabkan starter kembali sulit. Relief valve terbuka saat tekanan pada sisi outlet terlalu tinggi untuk mencegah tekanan bahan bakar menjadi terlalu tinggi.



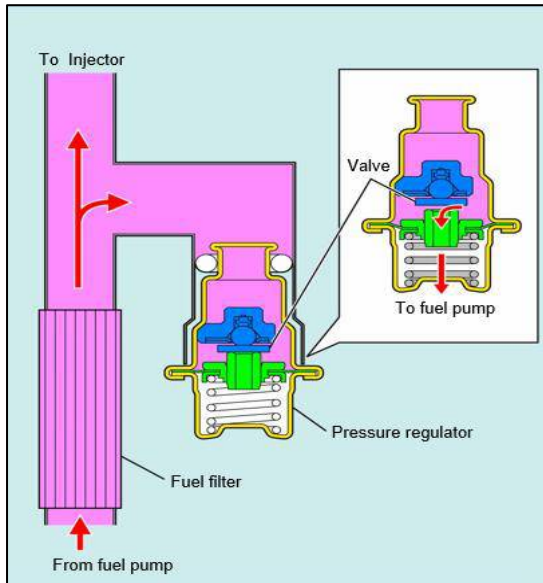
Gambar 3.4 Pompa Bahan Bakar

(2) Pressure Regulator

Pressure regulator tekanan mengontrol tekanan bahan bakar ke injektor pada 324 kPa atau 3.3 kgf/cm² (nilai bisa berbeda tergantung pada model kendaraan), sebagai tambahan pressure regulator menjaga tekanan residual dalam jalur bahan bakar dengan cara yang sama dengan check valve pompa bahan bakar. Ada dua tipe metode regulasi bahan bakar.

a. Tipe 1

Tipe ini mengontrol tekanan bahan bakar pada tekanan konstan. Saat tekanan bahan bakar melewati gaya pegas pressure regulator, katup terbuka untuk mengembalikan bahan bakar ke tangki dan meregulasi tekanan.

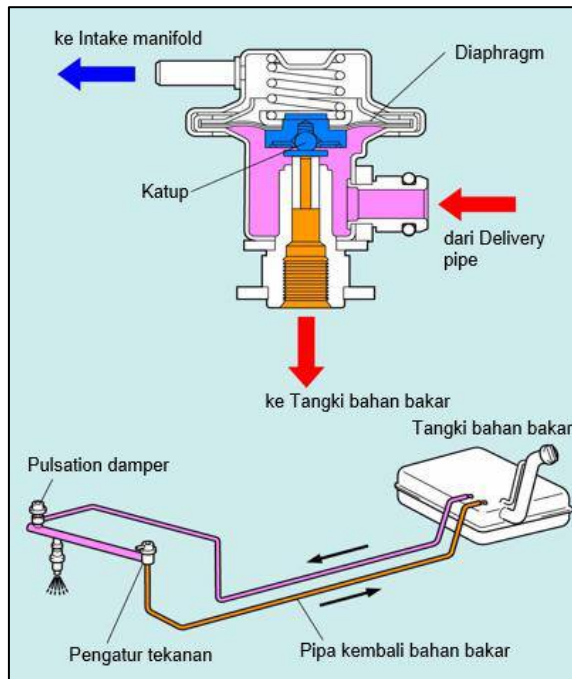


Gambar 3.5 Pompa bahan bakar tipe 1

Port injeksi dari injektor divakum oleh vacuum manifold, yang menarik keluar bahan bakar. Kevakuman ini selalu berubah tergantung dari kondisi motor. Karena itu, untuk tipe ini ECU motor menghitung injeksi jumlah bahan bakar per durasi injeksi sesuai dengan perubahan dalam vacuum intake manifold untuk menjamin bahwa injektor menginjeksikan bahan bakar secara benar.

b. Tipe 2

Tipe ini dilengkapi oleh pipa penyaluran yang terus mengatur tekanan bahan bakar untuk menjaga tekanan bahan bakar lebih tinggi dari tekanan yang ditentukan tekanan manifold. Cara kerja dasar sama dengan pada tipe 1, tetapi karena vacuum manifold diberikan ke ruang atas diafragma, tekanan bahan bakar dikontrol dengan mengubah tekanan ketika katup dibuka sesuai dengan vacuum manifold. Bahan bakar dikembalikan ke tangki melalui fuel return pipe.

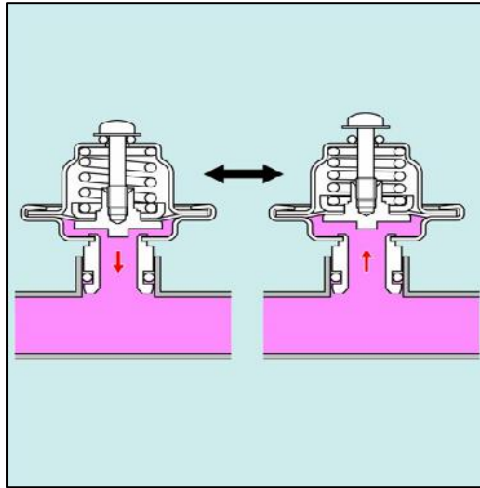


Gambar 3.6 Pompa bahan bakar tipe 2

Kevakuman ini selalu berubah tergantung dari kondisi motor. Karenanya, untuk tipe tekanan bahan bakar terus diregulasi sesuai dengan vacuum intake manifold untuk menjaga tekanan di atas tekanan yang ditentukan. Ini untuk menjaga jumlah injeksi per durasi injeksi.

(3) Pulsation Damper

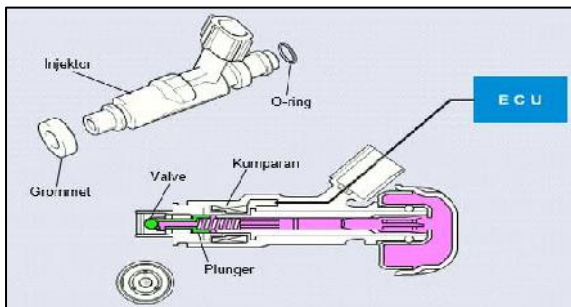
Pulsation damper menggunakan diafragma untuk menyerap sedikit denyut tekanan bahan bakar yang dihasilkan oleh injeksi bahan bakar dan kompresi pompa bahan bakar. Untuk petunjuk perawatan tekanan bahan bakar dapat diperiksa dengan mudah dengan skrup pulsation damper. Pada beberapa jenis motor tidak memiliki pulsation damper.



Gambar 3.7 Pulsation Damper

(4) Injector

Injektor menginjeksi bahan bakar ke dalam intake port cylinder sesuai dengan sinyal dari ECU motor. Sinyal dari ECU motor menyebabkan arus mengalir dalam kumparan solenoid, yang menyebabkan plunger ditarik, dan membuka katup untuk menginjeksikan bahan bakar. Karena ketukan plunger tidak berubah, jumlah injeksi bahan bakar dikontrol pada saat arus dialirkan ke solenoid.



Gambar 3.8 Injector

Berikut petunjuk servis untuk penanganan ring-O :

- Ring tidak boleh digunakan kembali.

- Sewaktu memasang ring, mula-mula lapisi dengan bensin.
- Sewaktu memasang injektor ke delivery pipe, jangan sampai merusak ring-O.
- Dengan injektor terpasang dalam delivery pipe, putar indikator dengan tangan. Bila tidak berotasi dengan mulus, maka ring-O sudah rusak.

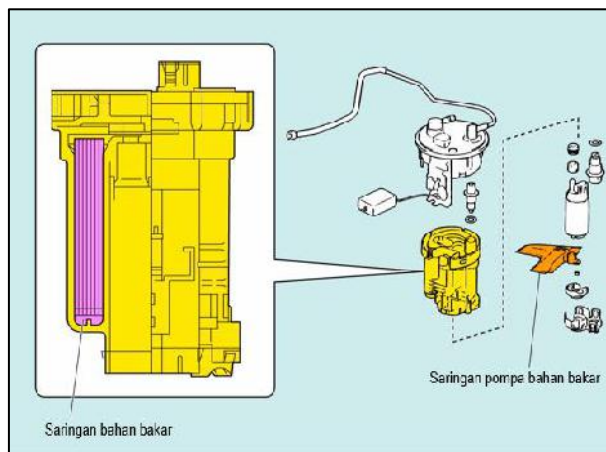
(5) Saringan Bahan Bakar/Saringan Pompa Bahan Bakar

a. Saringan bahan bakar

Saringan bahan bakar menyingkirkan debu dan kotoran lain dari bahan bakar yang dikompresi dalam pompa.

b. Saringan Pompa Bahan Bakar

Saringan pompa bahan bakar menyingkirkan debu dan kotoran lain dari bahan bakar sebelum memasuki pompa bahan bakar.



Gambar 3.9 Fuel filter

Petunjuk servis:

- Bila saringan sampai tersumbat, ini akan mengurangi tekanan bahan bakar yang dikirim ke injektor, dan menyebabkan kesulitan starter atau kondisi berkendara yang tidak enak.

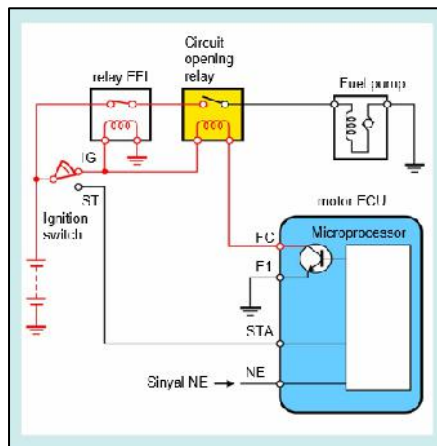
- Beberapa pompa bahan bakar dipasang di bagian luar tangki.
- Pada beberapa model, baut union atau beragam tipe konektor cepat (quick connector) digunakan untuk menghubungkan jalur bahan bakar.

(6) Kontrol Pompa Bahan Bakar

Pompa bahan bakar hanya beroperasi saat motor bekerja. Walaupun ignition switch berada pada posisi ON, apabila motor tidak bekerja, pompa bahan bakar tidak bekerja.

a. Ignition switch ON

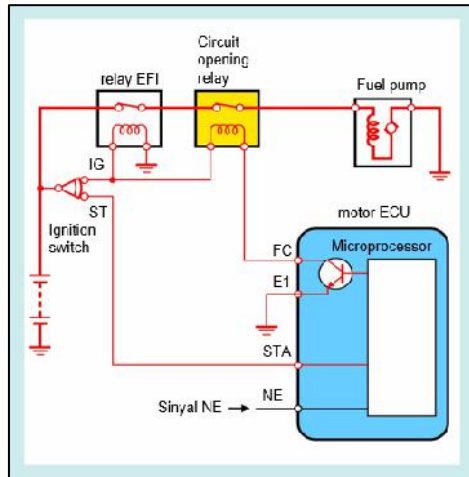
Saat ignition switch di posisi IG, relay EFI bekerja.



Gambar 3.10 IG posisi ON

b. Ignition switch pada posisi START

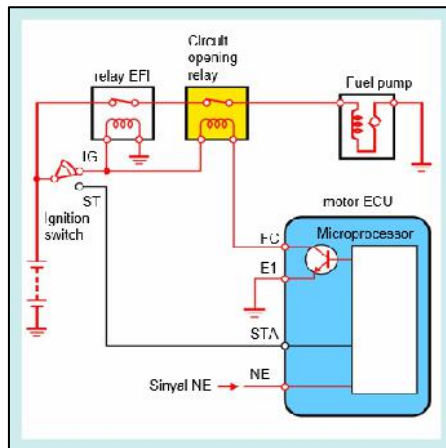
Saat motor hidup, sinyal STA (sinyal starter) dikirim ke ECU motor dari terminal ST Pada Ignition switch. Saat sinyal STA diinput ke ECU motor, motor menyalakan transistor dan circuit opening relay dinyalakan. Kemudian, arus dibiarkan mengalir ke dalam pompa bahan bakar untuk mengoperasikan pompa bahan bakar.



Gambar 3.10 IG posisi START

c. Motor starter/hidup

Seiring dengan hidupnya motor, ECU motor menerima sinyal NE dari crankshaft position sensor, transistor tetap menyala dan pompa terus bekerja.

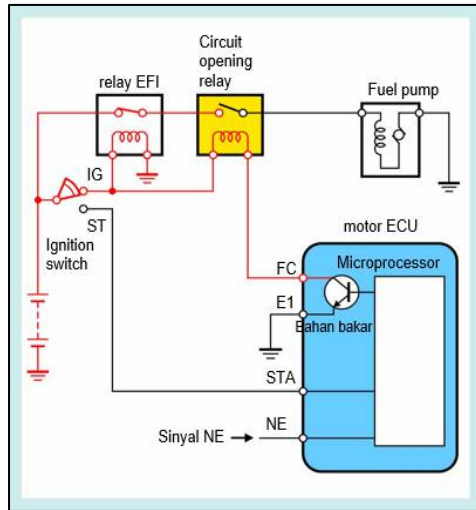


Gambar 3.11 Sinyal NE untuk motor hidup

d. Apabila motor dimatikan

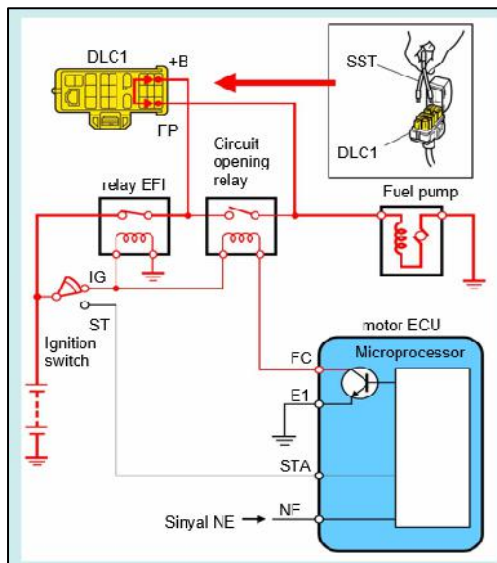
Bahkan saat ignition switch berada pada posisi ON, apabila motor dimatikan, sinyal NE tidak lagi diinput ke ECU motor, sehingga

ECU motor mematikan transistor, mematikan circuit opening relay, dan menghentikan pompa bahan bakar.



Gambar 3.12 Sinyal NE untuk motor mati

Petunjuk servis: tipe DLC 1

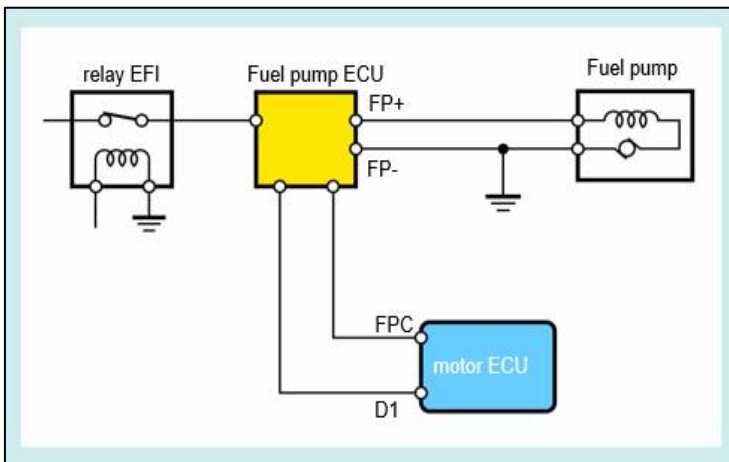


Gambar 3.13 Model DLC 1

Beberapa model kendaraan dilengkapi dengan DLC1 seperti terlihat di kiri. Saat terminal +B dan terminal FP diberi arus pendek menggunakan SST dengan ignition switch di posisi ON, arus akan mengalir ke pompa bahan bakar tanpa melalui opening relay. Dengan cara ini, pemeriksaan tekanan bahan bakar atau operasi pompa dapat dilakukan dengan memaksa pompa bahan bakar untuk bekerja.

(7) Kontrol Kecepatan Pompa Bahan Bakar

Kontrol ini mengurangi kecepatan pompa bahan bakar untuk mengurangi keausan dan daya listrik apabila tidak diperlukan banyak bahan bakar, misalnya saat motor bekerja dengan kecepatan rendah. Saat arus mengalir ke pompa bahan bakar melalui kontak B dari relay dan resistor, pompa bekerja dalam kecepatan rendah. Saat motor starter, dan motor bekerja dalam kecepatan tinggi, atau membawa beban berat, ECU motor menggantikan kontak relay ke A agar mengoperasikan pompa bahan bakar dalam kecepatan tinggi.



Gambar 3.14 Kontrol kecepatan pompa

Petunjuk:

Kontrol ON-OFF dengan kontrol kecepatan (dengan ECU motor dan ECU pompa Bahan bakar). Beberapa model mengontrol kecepatan pompa menggunakan ECU pompa bahan bakar. Dan juga, tipe kontrol ini memiliki fungsi diagnosa sistem pompa bahan bakar. Apabila kerusakan dideteksi, sinyal dikirim dari ECU pompa ke terminal DI dari ECU motor.

(8) Sistem shut-off pompa bahan bakar

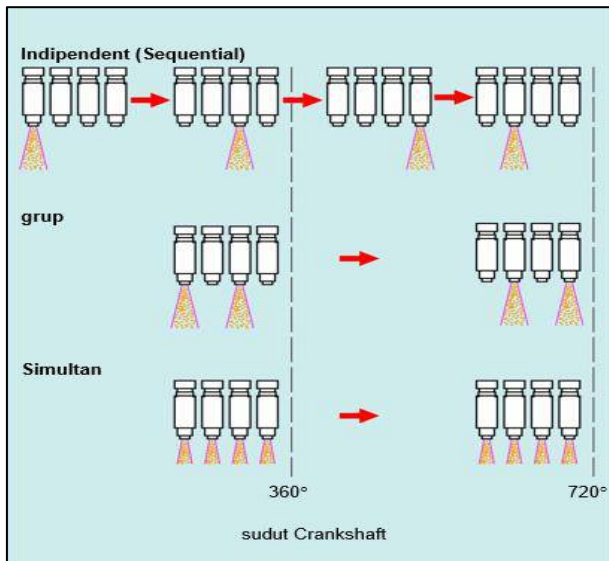
Beberapa model kendaraan memiliki mekanisme dimana kontrol pompa bahan bakar menghentikan pompa pada kondisi-kondisi berikut, untuk menjaga keamanan.

Seperti pada saat airbag mengembang, saat SRS airbag pengemudi, penumpang depan atau samping mengembang, kontrol shut-off bahan bakar menghentikan pompa. Saat ECU motor mendeteksi hal ini, ia mematikan opening relay untuk menghentikan operasi pompa bahan bakar. Setelah kontrol cut-off bahan bakar beroperasi, kontrol ini dapat dibatalkan dengan mematikan motor, menyebabkan pompa bahan bakar bekerja kembali.

3.4 Kontrol Durasi Injeksi

A. Metode Injeksi Bahan Bakar dan Waktu Pengapian

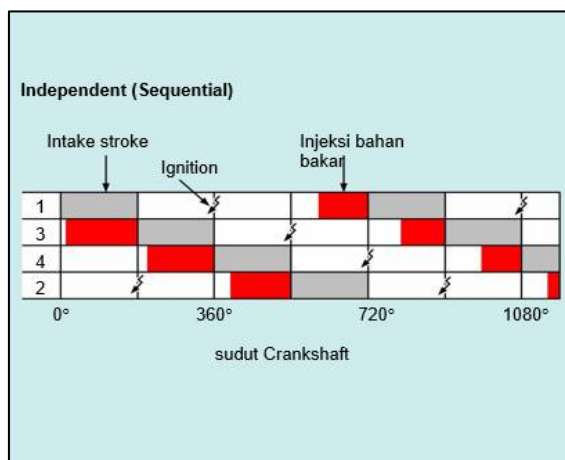
Metode injeksi bahan bakar adalah untuk menginjeksikan bahan bakar secara independen dalam tiap silinder atau untuk secara simultan menginjeksi bahan bakar ke semua silinder. Ada juga berbagai waktu pengapian, seperti injeksi pada waktu yang ditentukan atau injeksi sesuai dengan perubahan dalam jumlah intake udara atau kecepatan motor. Metode dasar metode injeksi dan waktu pengapian adalah sebagai berikut. Sebagai tambahan, semakin besar volume injeksi, awal waktu pengapian semakin cepat.



Gambar 3.15 Injeksi bahan bakar

(1) Independen (Sekuensial)

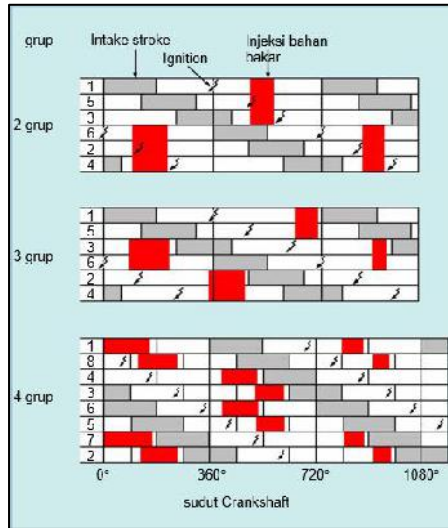
Bahan bakar diinjeksikan secara independen untuk tiap silinder sekali setiap dua rotasi poros engkol.



Gambar 3.16 Injeksi independen

(2) Group

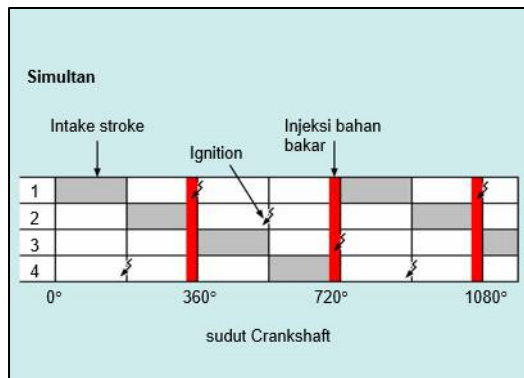
Bahan bakar diinjeksikan untuk tiap group sekali setiap dua rotasi crankshaft.



Gambar 3.17 Injeksi group

(3) Simultan

Injeksi dilakukan secara simultan ke silinder sekali setiap rotasi crankshaft. Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk pembakaran diinjeksikan dalam dua kali injeksi.



Gambar 3.18 Injeksi simultan

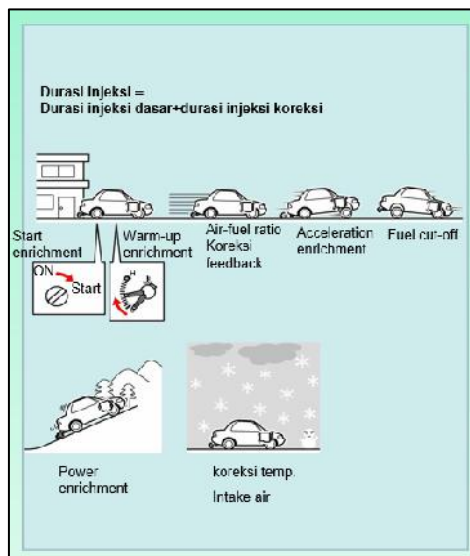
B. Kontrol Durasi Injeksi Bahan Bakar

ECU motor mengubah volume injeksi bahan bakar dengan mengubah durasi injeksi dari injektor. Durasi aktual ditentukan oleh dua hal berikut.

1. Durasi ditentukan oleh jumlah intake udara dan putaran motor.
2. Beragam durasi injeksi korektif ditentukan oleh sinyal dari berbagai sensor. Durasi yang akhirnya di-output ECU motor ke dalam injektor ditambahkan berbagai koreksi ke durasi dasar injeksi.

Beberapa koreksi-koreksi dalam penentuan volume injeksi bahan bakar diantaranya adalah sebagaimana berikut:

- Start enrichment
- Warm-up enrichment
- Air-fuel ratio feedback correction (untuk beberapa model)
- Acceleration enrichment
- Fuel cut-off
- Power enrichment
- Koreksi lainnya



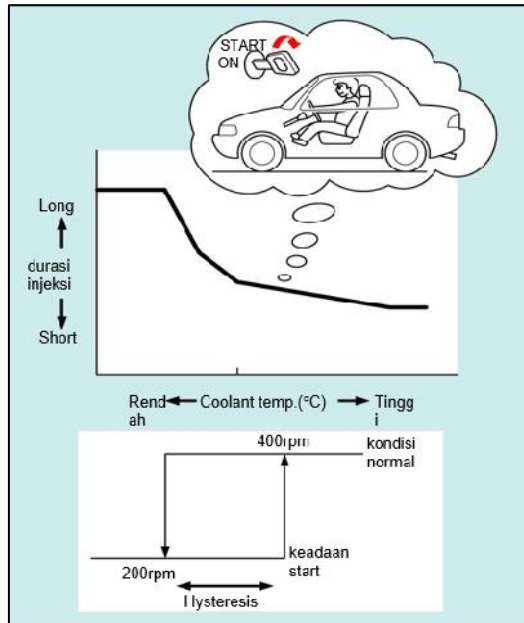
Gambar 3.19 Kontrol durasi injeksi

Sensor	Signal	Durasi injeksi dasar	Berbagai koreksi					
			Start enrichment	Warm-up enrichment	Koreksi feedback rasio udara-bahan bakar	Acceleration enrichment	Fuel cut-off	Power enrichment
Meteran aliran udara/Manifold pressure sensor	VG / PIM	■						■
Sensor posisi crankshaft	NE	■					■	■
Sensor posisi camshaft	G	■					■	■
Sensor temperatur air	THW		■	■				
Sensor posisi throttle	IDL						■	
	VTA				■	■		■
Sensor oksigen	OX1A, OX1B				■			

Gambar 3.20 Berbagai koreksi dan sinyal

(1) Start Enrichment

Durasi dasar tidak dapat dihitung dari jumlah intake udara karena putaran motor rendah dan perubahan dalam jumlah intake udara besar di saat starter. Karenanya, durasi saat starter ditentukan oleh suhu pendingin. Suhu pendingin dideteksi oleh water temperature sensor. Semakin rendah suhu air, penguapan bahan bakar semakin buruk. Karenanya, campuran udara-bahan bakar diperkaya dengan memperlama durasi. ECU motor menentukan bahwa motor sedang distarter saat putaran motor adalah 400 rpm atau kurang. Saat putaran tiba-tiba turun di bawah 400 rpm akibat penambahan beban mendadak, hysteresis digunakan untuk mencegah ECU motor mendeteksi motor yang sudah di starter, starter kembali, kecuali putaran motor jatuh hingga di bawah 200 rpm.



Gambar 3.20 Start enrichment

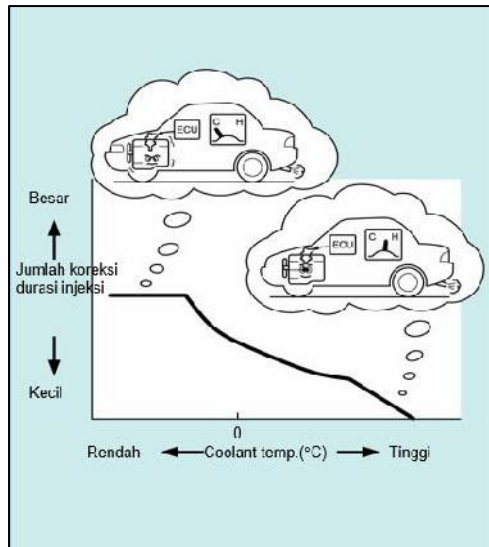
Petunjuk servis:

Apabila ada kerusakan dengan water temperature sensor, dapat dianggap kondisi starter paling buruk. Untuk meningkatkan kemampuan starter saat motor dingin, tipe lama EFI memiliki injektor starter dingin dan switch time-nya selain injektor biasa untuk meningkatkan volume bahan bakar saat starter.

(2) Warm-up Enrichment

Jumlah injeksi bahan bakar ditingkatkan karena penguapan bahan bakar buruk selama motor dingin. Saat suhu pendingin rendah, durasi ditambah agar campuran udara-bahan bakar lebih gemuk untuk mendapatkan kemampuan berkendara selama motor dingin. Koreksi maksimum adalah dua kali lebih panjang dari suhu normal.

Petunjuk servis apabila ada kerusakan dengan water temperature sensor, maka kontrol mengkondisikan operasional injeksi bahan bakar untuk situasi berkendara yang tidak baik.



Gambar 3.21 Warm-up enrichment

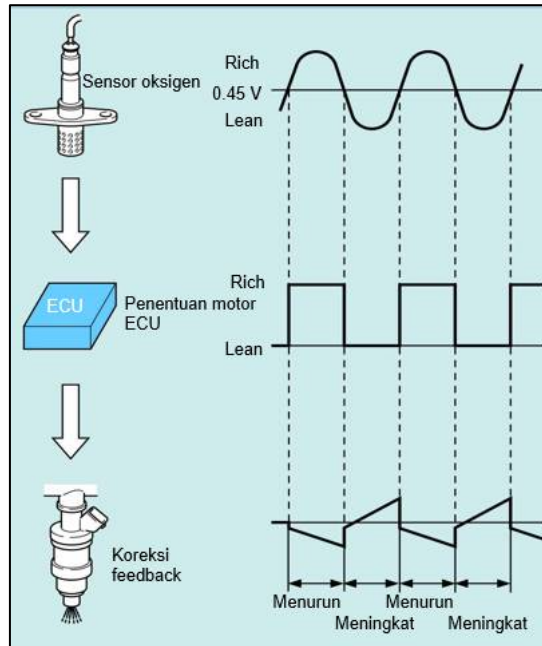
(3) Air-Fuel Ratio Feedback Correction

Apabila tidak ada fluktuasi besar pada beban atau putaran motor, seperti pada engine idling atau berkendara dengan kecepatan konstan setelah pemanasan, bahan bakar (campurannya dekat dengan rasio teoritis) disuplai sesuai dengan intake udara. Koreksi berikut diberikan saat berkendara dengan kecepatan konstan setelah pemanasan.

- a. Kontrol feedback menggunakan oksigen sensor (kontrol feedback rasio udara-bahan bakar)

ECU motor menentukan durasi dasar untuk mencapai rasio teoritis.

Tetapi, perubahan kecil dari rasio teoritis terjadi menurut kondisi aktual motor, perubahan akibat waktu dan kondisi lain. Karenanya, oksigen sensor mendeteksi konsentrasi oksigen pada gas buang untuk menentukan apakah durasi sudah mencapai rasio teoritis.



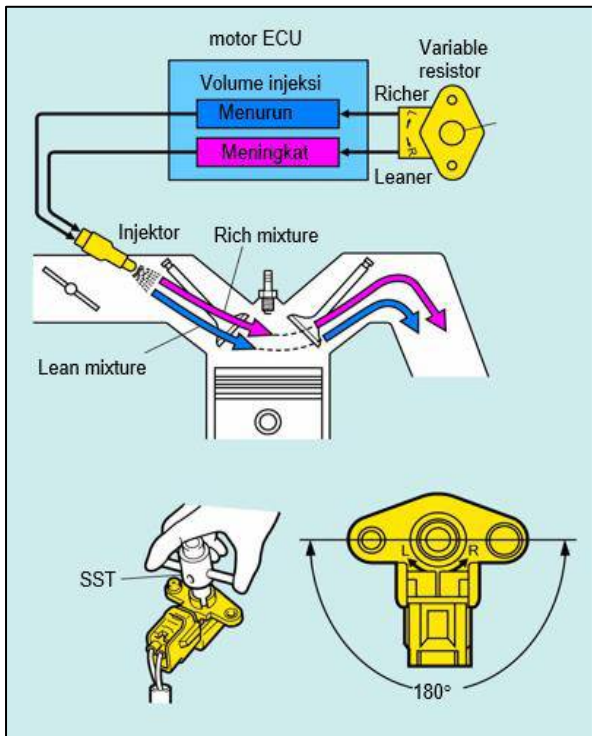
Gambar 3.22 AFR feedback correction

Bila ECU motor dari sinyal oksigen sensor menentukan bahwa rasio udara-bahan bakar lebih gemuk dibanding rasio teoritis, motor ECU memperpendek durasi agar campuran lebih kurus. Sebaliknya, apabila rasio kurus, motor akan memperpanjang durasi agar campuran jadi lebih gemuk. Kontrol feedback bekerja untuk menjaga rasio berada pada rasio teoritis dengan melakukan koreksi kecil secara berulang.(disebut operasi "closed-loop" .)

- b. Koreksi kontrol emisi CO bagi kendaraan tanpa oksigen sensor atau sensor A/F

Untuk kendaraan tanpa oksigen sensor atau sensor A/F, resistor variabel digunakan untuk mengatur konsentrasi CO (%) selama idling. Memutar resistor ke sisi R mempergemuk konsentrasi, dan memutarnya ke sisi L membuatnya kurus. Dengan kendaraan yang memiliki oksigen sensor atau sensor A/F, penyesuaian CO

tidak diperlukan karena kendaraan ini melakukannya secara otomatis ke rasio udara-bahan bakar menggunakan sinyal sensor.

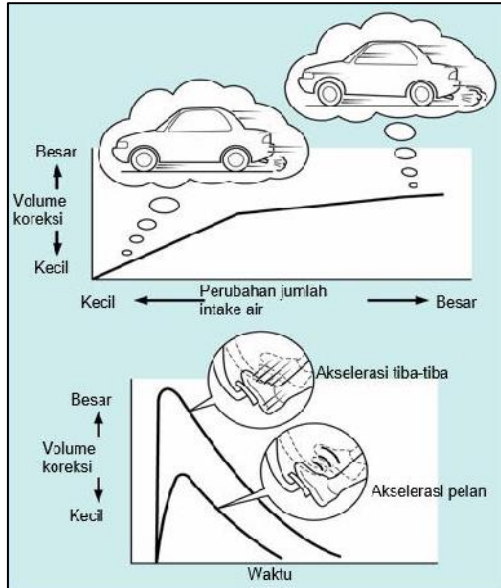


Gambar 3.23 Koreksi kontrol emisi CO

(4) Acceleration Enrichment

Rasio menjadi lebih tipis, terutama selama awal akselerasi karena kekurangan suplai bahan bakar terjadi selama akselerasi akibat perubahan intake udara saat pedal gas diinjak. Karenanya, durasi injeksi ditambah untuk menambah volume. Akselerasi ditentukan oleh kecepatan perubahan pada sudut bukaan throttle valve. Koreksi selama akselerasi meningkat tajam pada awal akselerasi dan berkurang sampai peningkatan berakhir.

Semakin besar akselerasi, volume injeksi juga bertambah.

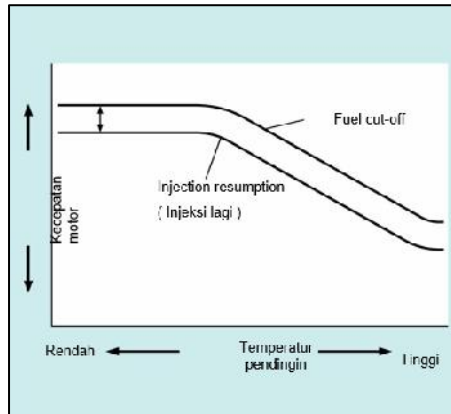


Gambar 3.24 Acceleration enrichment

(5) Fuel Cut-Off

Selama deselerasi, operasi injeksi berhenti sesuai kondisi deselerasi untuk mengurangi gas buangan berbahaya dan meningkatkan efek rem motor. Kemudian sistem fuel cut-of diaktifkan untuk memutus aliran bahan bakar. Kondisi deselerasi ditentukan oleh bukaan throttle valve dan putaran motor. saat katup tertutup dan kecepatan tinggi, kendaraan melambat.

Kontrol fuel cut-off menghentikan injeksi bahan bakar saat putaran motor lebih dari putaran yang ditentukan dan throttle valve tertutup. Injeksi bahan bakar dilanjutkan saat putaran motor berkurang atau throttle valve terbuka. Fuel cut-off putaran motor dan injeksi bahan bakar meningkat saat suhu pendingin rendah. Fuel cut-off putaran motor dan injeksi bahan bakar meningkat saat AC dinyalakan untuk turunkannya putaran motor dan berhentinya motor. Ada beberapa model motor dimana putaran motor jatuh selama pengereman (saat lampu rem menyala).

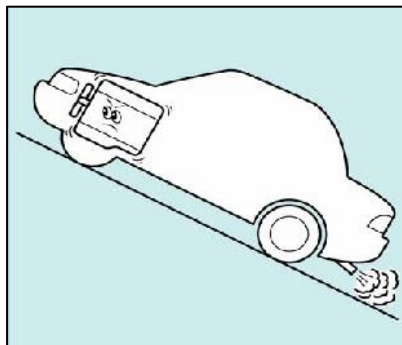


Gambar 3.25 Fuel cut off

(6) Power Enrichment

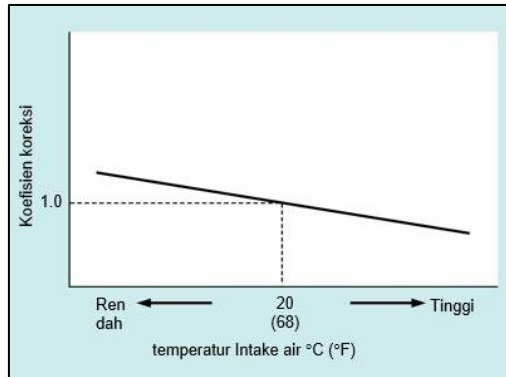
Saat beban berat, ada intake udara yang besar, seperti pada jalan menanjak. Karenanya sulit untuk mencampur bahan bakar dengan intake udara. Sebagian intake udara tidak digunakan dalam pembakaran.

Karena itu, lebih banyak bahan bakar diinjeksikan agar semua intake udara terpakai dan meningkatkan kekuatan. Beban berat ditentukan dari bukaan throttle position sensor, putaran motor, dan massa intake udara (VG atau PIM). Semakin besar VG atau PIM atau lebih besar kecepatan, rasio pertambahan bertambah. Jumlah juga ditambah saat sudut bukaan throttle valve mencapai nilai tertentu atau lebih. Koreksi pertambahan berkisar 10 - 30%.



Gambar 3.26 Power enrichment

(7) Koreksi Suhu Intake Udara



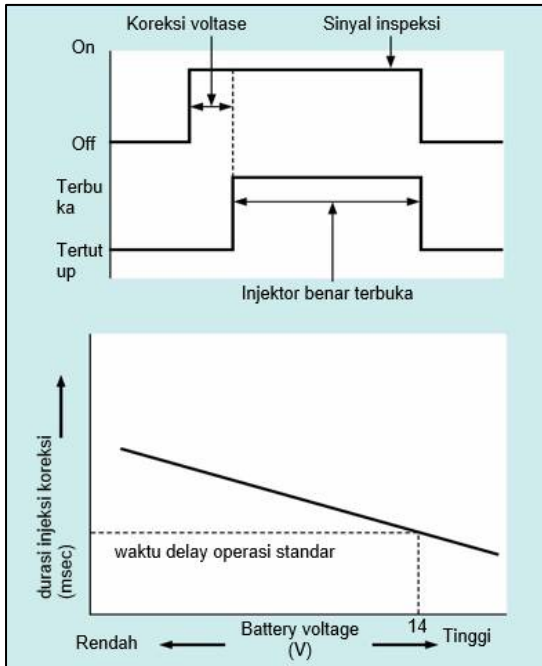
Gambar 3.27 Power enrichment

Densitas udara berubah tergantung suhu udara. Karenanya, koreksi dilakukan untuk meningkatkan atau mengurangi volume bahan bakar sesuai dengan suhu intake udara untuk mengoptimalkan rasio campuran. Suhu intake udara dideteksi oleh intake air temperature sensor. ECU motor diset ke suhu standar 20°C (68°F). Jumlah koreksi ditentukan saat suhu lebih atau kurang dari suhu ini. Saat suhu intake udara rendah, jumlah dinaikkan karena densitas udara tinggi. Saat suhu intake udara tinggi, jumlah dikurangi karena densitas udara rendah, koreksinya berkisar 10%. Untuk air flow meter tipe hot-wire, meterannya meng-output sinyal korektif untuk suhu intake udara. Karenanya, koreksi suhu tidak diperlukan.

(8) Koreksi Tegangan

Ada sedikit waktu tunda saat ECU motor mengirim sinyal injeksi ke injektor dan saat injektor menginjeksikan bahan bakar. Bila tegangan baterai banyak yang drop, penundaan akan lebih lama. Ini artinya waktu injeksi lebih pendek dari yang dikalkulasikan ECU motor. Karenanya, rasio udara lebih tinggi (dengan kata lain, mengurus) dari rasio campuran yang diminta oleh motor. Karenanya, ECU motor

menyesuikannya dengan menambah durasi injeksi sesuai dengan turunnya tegangan baterai.



Gambar 3.28 Koreksi Tegangan

3.5 EVALUASI

1. Apa perbedaan L-EFI dan D-EFI.
2. Bagaimana melakukan kontrol pompa bahan bakar.
3. Berapa standar tekanan injeksi pada injector.
4. Bagaimana diagnosis kondisi kerja pompa bahan bakar menggunakan DC test lamp.

BAB 4

IDLE SPEED CONTROL (ISC)

4.1 Learning Outcomes

Knowledge Objectives:

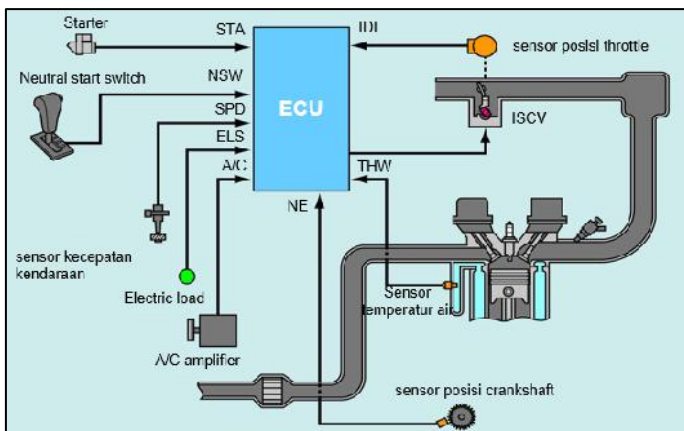
1. Mampu memahami prinsip kerja ISC.
2. Mampu mengetahui jenis dan perbedaan ISCV

Skill Objectives:

-Tidak ada capaian pembelajaran skill dalam bab ini-

4.2 Idle Speed Control Valve (ISCV)

Sistem Idle Speed Control (ISC) diberikan dengan rangkaian yang melakukan bypass throttle valve, dan volume udara yang ditarik dari rangkaian bypass yang dikontrol oleh Idle Speed Control Valve (ISCV).

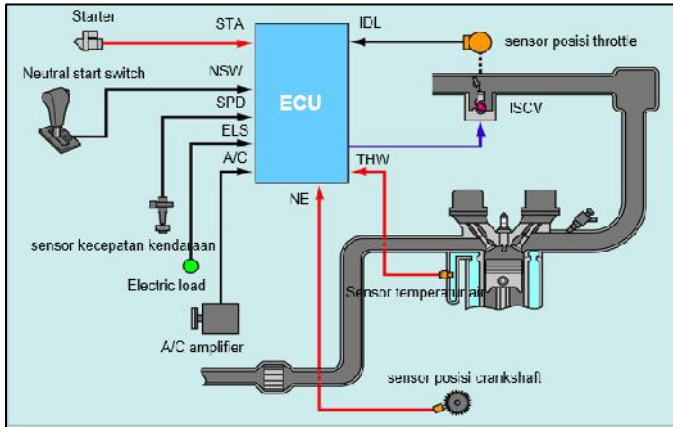


Gambar 4.1 Skema ISCV

ISCV menggunakan sinyal dari ECU motor untuk mengontrol motor pada idling speed optimal sepanjang waktu. Sistem ISC terdiri dari ISCV, ECU motor, dan beragam sensor dan switch.

(1) Saat Starter

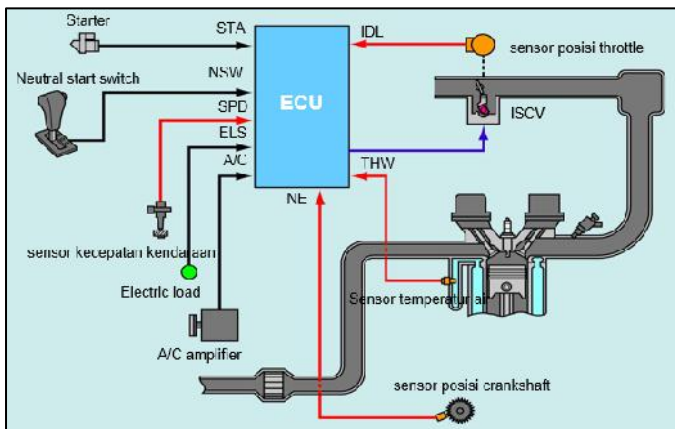
Rangkaian bypass dibuka untuk meningkatkan kemampuan starter.



Gambar 4.2 ISCV saat start

(2) Saat Memanaskan Motor

Saat suhu pendingin rendah, idling speed bertambah agar motor bekerja dengan baik (fast idle). Bila suhu pendingin naik, idling speed berkurang.

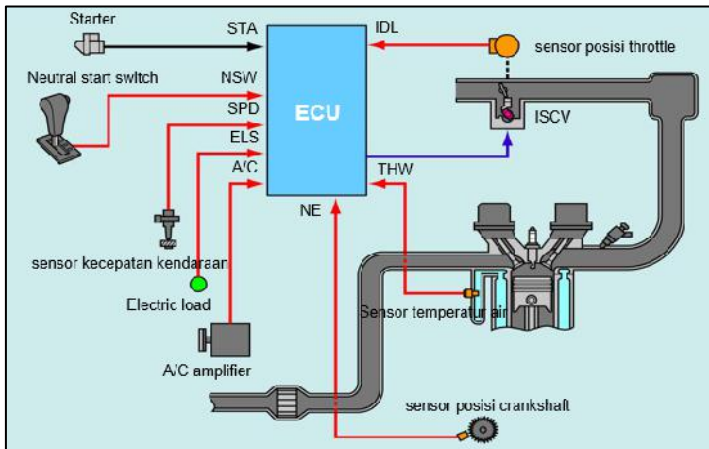


Gambar 4.3 ISCV saat memanaskan motor

(3) Kontrol Feedback dan Kontrol Estimasi

- Saat menggunakan A/C
- Saat lampu depan menyala
- Saat gigi dipindah dari N ke D atau dari D ke N saat kendaraan dihentikan.

Pada kasus di atas, bila beban ditambah atau diubah, idling speed bertambah atau dijaga agar tidak berubah.



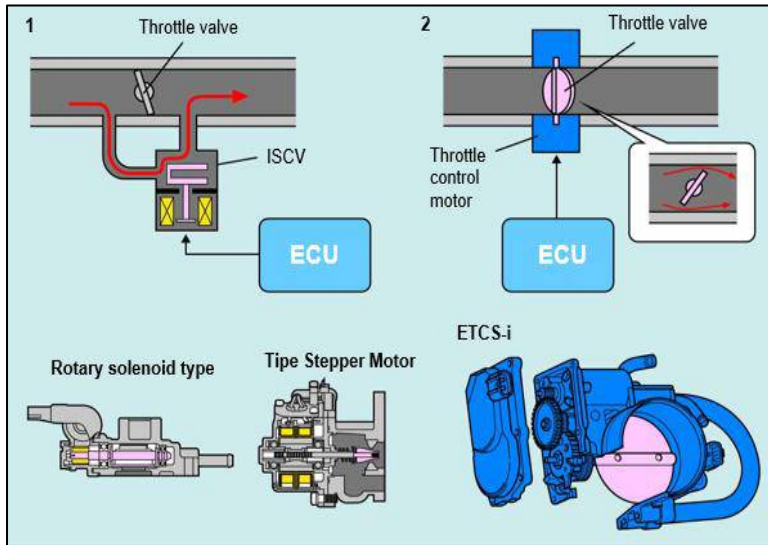
Gambar 4.4 ISC saat kontrol feedback

4.3 Tipe ISCV

ISCV adalah alat yang mengontrol jumlah intake udara selama idling menggunakan sinyal dari ECU motor dan mengontrol idling speed. Ada dua tipe ISCV sebagai berikut.

- a. Tipe yang melewati throttle valve dan mengontrol jumlah intake udara:
Karena throttle valve tertutup rapat selama idling, ISCV mem-bypass volume udara yang diminta idling.
- b. Tipe yang mengontrol jumlah intake udara menggunakan throttle valve:

Dengan tipe ini, katup proper throttle mengontrol jumlah intake udara selama idling. Sistem ini disebut ETCS-i (Electronic Throttle Control System-intelligent), dan melakukan fungsi kontrol lain selain kontrol jumlah intake udara selama idling.

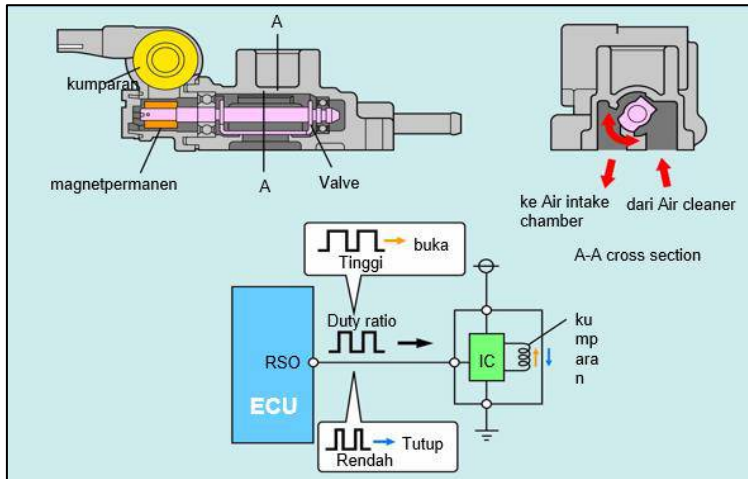


Gambar 4.5 ISC dan ETCS-i saat kontrol feedback

(1) Tipe Rotary Solenoid

ISCV tipe rotary solenoid terdiri dari kumparan, IC, magnet permanen, katup, dan ditempelkan ke throttle body. IC menggunakan duty signal dari ECU motor untuk mengontrol arah dan jumlah arus yang mengalir dalam kumparan dan mengontrol jumlah udara yang melewati throttle valve, merotasikan katup.

Saat duty ratio tinggi, IC menggerakkan katup ke arah bukaan, dan ketika duty rasio rendah, IC menggerakkan katup ke arah menutup. ISCV melakukan pembukaan dan penutupan dengan cara ini.



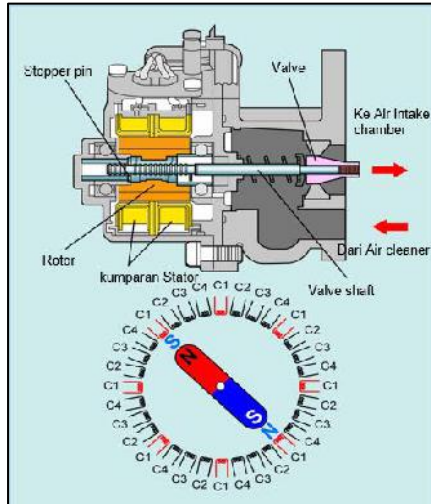
Gambar 4.6 Tipe rotary solenoid

Apabila ada masalah seperti rangkaian terbuka, akan menyebabkan listrik berhenti mengalir ke ISCV, katup dibuka pada posisi tertentu oleh gaya magnet permanen. Ini akan menjaga idling speed rata-rata 1000 hingga 1200 rpm.

(2) Tipe Stepper Motor

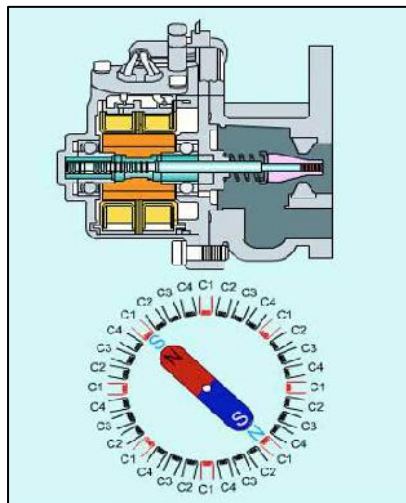
ISCV tipe motor stepper ditempelkan ke ruang intake. Katup yang dipasang di ujung rotor masuk atau keluar akibat rotasi rotor untuk mengontrol volume udara yang mengalir dalam rangkaian bypass. Cara kerja ISCV motor stepper adalah motor step menggunakan prinsip menarik dan memantulkan magnet permanen (rotor) ketika medan magnet dihasilkan listrik yang mengalir dalam kumparan. Pada gambar di kiri bawah, arus mengalir pada C1 menyebabkan magnet tertarik. Ketika arus ke C1 diputus disaat yang sama, arus dibuat mengalir ke C2, dan magnet ditarik ke C2. Pergantian arus dari C3 dan C4 dengan cara yang sama digunakan untuk merotasi magnet. Magnet juga dapat berotasi ke arah berlawanan dengan mengubah arah arus dari C4 ke C3, C2, dan C1. Pengaturan digunakan untuk memindahkan magnet ke posisi yang ditentukan sebelumnya.

Motor step aktual menggunakan 4 kumparan untuk menciptakan 32 langkah untuk 1 rotasi magnet (rotor), pada beberapa motor memiliki 24 langkah per rotasi.



Gambar 4.7 Tipe motor stepper

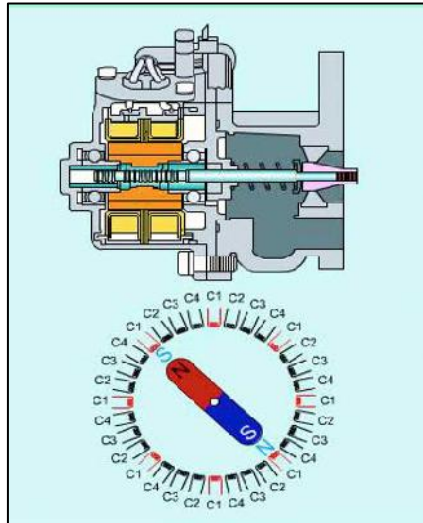
- Katup terbuka



Gambar 4.8 Motor stepper – katup terbuka

Saat listrik dikirim ke kumparan A (RSO) untuk waktu yang lama, katup digerakkan ke arah membuka.

- Katup tertutup



Gambar 4.8 Motor stepper – katup tertutup

Saat listrik dikirim ke kumparan B untuk waktu yang lama, katup digerakkan ke arah menutup.

4.4 Evaluasi

1. Bagaimana prinsip kerja ISC.
2. Apa yang dimaksud dengan ISCV.
3. Jelaskan perbedaan dua tipe ISCV.

BAB 5

PENGAMAN KENDARAAN : SIMPLE DOUBLE LAYER

5.1 Learning Outcomes

Knowledge Objectives:

1. Mampu memahami prinsip kerja sistem pengaman kendaraan : simple double layer.
2. Mampu mengetahui dan menjelaskan komponen dan rangkaian sistem pengaman.

Skill Objectives:

1. Mampu melakukan install dan uninstall system pengaman pengaman kendaraan : simple double layer pada kendaraan.
-

5.2 Deskripsi Hardware

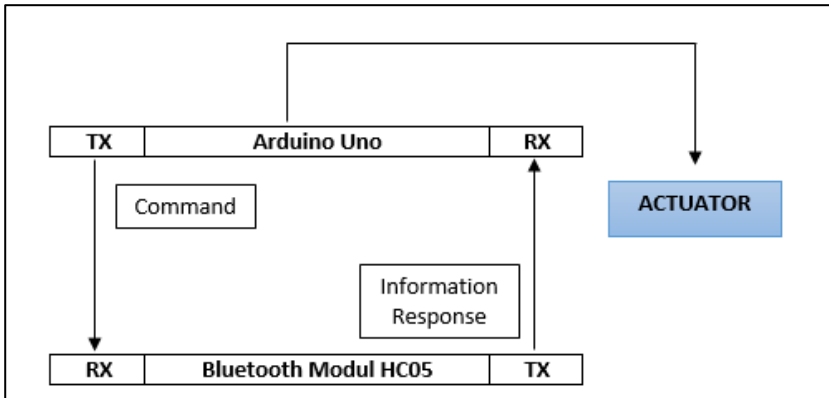
Modul drive by touching merupakan modul pengaman otomatis pada kendaraan bermotor. Kendaraan hanya bisa dihidupkan jika kunci kontak maupun saklar ganda keamanan telah aktif dengan cara mendapatkan sentuhan pada titik tertentu yang dirahasiakan. Pengaman sentuh ini memanfaatkan tangan manusia sebagai penghantar listrik untuk mengaktifkan saklar yang bekerja otomatis pada rangkaian sistem pengapian kendaraan. Pada sistem yang diusulkan ini modul drive by touching akan mengaktifkan pengaman layer pertama yaitu sinyal CKP sensor (crankshaft position sensor) kendaraan, sekaligus menyuplai arus listrik untuk mengaktifkan arduino dan modul bluetooth. Rekomendasi tegangan yang bekerja pada arduino adalah 7

volt , sehingga digunakan step down untuk menurunkan tegangan kerja 12 volt yang keluar dari modul drive by touching menuju arduino uno.

Arduino uno merupakan sebuah board mikrokontroler yang dikontrol penuh oleh ATmega328. Arduino uno mempunyai 14 pin digital input atau output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino uno board juga didukung oleh software arduino IDE (Integrated Development Environment).

Ide utama untuk menggunakan arduino uno karena sistem pengaman kendaraan akan diprogram dengan software arduino IDE. Arduino uno memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan menggunakan kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC ataupun menggunakan baterai. Arduino uno R3 menggunakan mikrokontroler yang dikontrol secara penuh oleh mikroprosesor ATmega328. Mikroprosesor yang digunakan ini sudah dilengkapi dengan konverter sinyal analog ke digital (ADC) sehingga tidak diperlukan penambahan ADC eksternal.

Modul bluetooth HC-05 digunakan untuk menerima dan meneruskan sinyal dari cell phone pemilik kendaraan menuju mikrokontroller [10]. Pada tahap ini diperlukan sinkronisasi sinyal bluetooth pada cell phone dengan sinyal bluetooth pada modul HC-05 menggunakan password. Setelah sinkron, berikutnya modul bluetooth dan mikrokontroller akan saling berkomunikasi satu sama lain. Sinyal pada modul bluetooth diterima melalui RX pin (Receiving Pin) dan sinyal dikirim oleh TX pin (Transferring Pin). TX pin akan meneruskan perintah dari cell phone kepada mikrokontroller untuk mengaktifkan aktuator. Pada gambar 4.2 terlihat hubungan mikrokontroller arduino uno dengan aktuator yang diaktifkan, berupa sebuah relay yang meneruskan arus masuk menuju ke sistem starter sehingga kendaraan dapat dinyalakan.



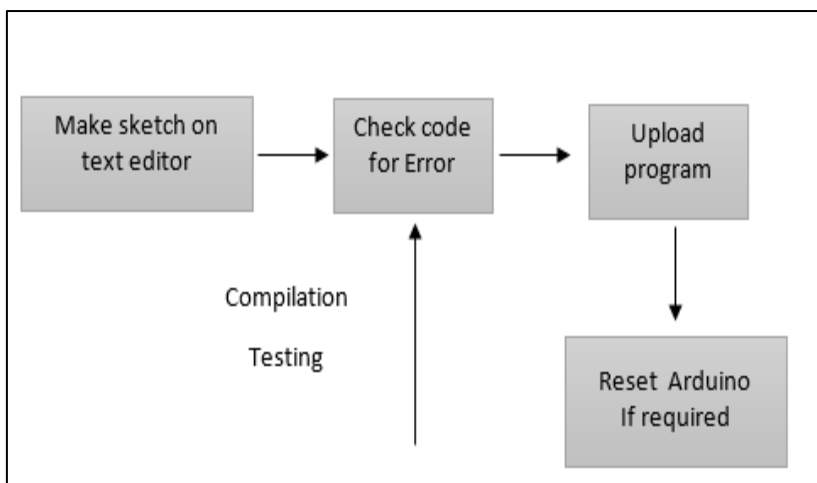
Gambar 5.1 Mikrokontroler arduino uno dan modul HC-05

5.3 Deskripsi Software

Arduino IDE merupakan singkatan dari integrated development environment yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui software inilah arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang dinamakan melalui sintaks pemrograman. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (Sketch) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC mikrokontroler Arduino telah ditanamkan suatu program bernama bootlader yang berfungsi sebagai penengah antara compiler arduino dengan mikrokontroler.

Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE juga dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut Wiring yang membuat operasi input dan output menjadi lebih mudah. Arduino IDE ini dikembangkan dari software processing yang dirombak menjadi Arduino IDE, khusus untuk pemrograman dengan Arduino. Program yang ditulis dengan menggunakan Arduino Software (IDE) disebut sebagai sketch. Sketch ditulis dalam suatu editor teks dan disimpan dalam file dengan ekstensi .ino. Teks editor pada Arduino Software memiliki fitur seperti cutting/paste dan searching/replacing sehingga

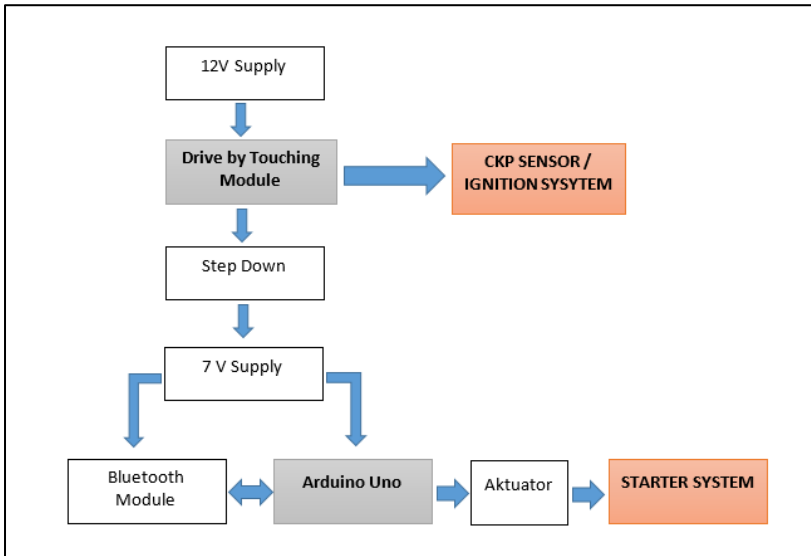
memudahkan kita dalam menulis kode program. Pada Software Arduino IDE, terdapat semacam message box berwarna hitam yang berfungsi menampilkan status, seperti pesan error, compile, dan upload program. Di bagian bawah paling kanan Software Arduino IDE, menunjukkan board yang terkonfigurasi beserta COM Ports yang digunakan. Kode yang tertanam dikembangkan dalam periode waktu yang pendek karena IDE memuat inbuilt libraries.



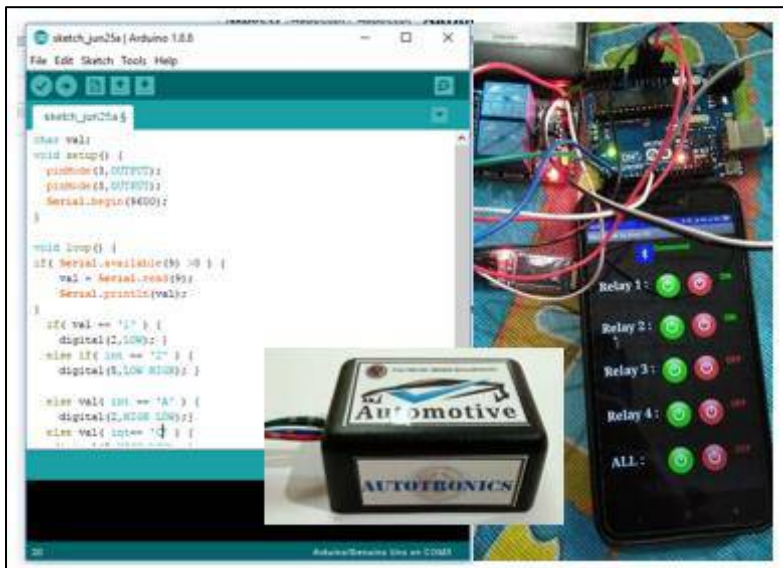
Gambar 5.2 Pengembangan kode program

5.4 Cara Kerja Simple Double Layer

Gambar berikut menunjukkan flowchart sistem pengaman simple double layer yang dikembangkan. Adapun arsitektur sistem yang ditanam secara lengkap ditunjukkan pada gambar, sebelum melakukan perakitan bagian-bagian sistem secara keseluruhan maka tahap pertama dalam pengembangan sistem double layer ini adalah meng-upload sketch program yang dibuat ke mikrokontroller arduino uno menggunakan aplikasi Arduino IDE.



Gambar 5.3 Blok diagram sistem simple double layer



Gambar 5.8 Arsitektur sistem

Cara kerjanya sistem pengaman simple double layer adalah sebagai berikut, pada saat kendaraan akan dihidupkan maka diperlukan aktivasi sentuhan dengan tangan pada titik rahasia kendaraan (gambar 5.13). Modul drive by touching akan mengaktifkan layer pertama sistem keamanan yaitu sinyal sensor CKP yang menuju ECU kendaraan sebagai informasi utama bahwa engine telah hidup, sekaligus memberi arus listrik untuk mengaktifkan control unit (mikrokontroler). Karena control unit bekerja pada range tegangan 5 – 9 V, maka digunakan step down untuk menyuplai power sebesar 7 V yang masuk ke kontrol unit, pada saat ini maka layer kedua aktif dan modul bluetooth HC-05 akan mengirim sinyal ke ponsel pengguna kendaraan untuk penyandingan koneksi bluetooth dengan password yang telah ditentukan. Apabila koneksi bluetooth telah terhubung, maka pengguna akan mengirim sinyal menggunakan aplikasi boarduino yang telah terinstal pada ponsel pemilik kendaraan seperti terlihat pada gambar 5.14. Sinyal yang diterima modul bluetooth akan diteruskan ke arduino uno untuk memberi arus pada kumparan aktuator, kemudian arus akan mengaktifkan starter sistem. Terakhir switch starter on dan menghidupkan kendaraan.

Pada project ini beberapa PIN arduino yang berperan dalam sistem kendali adalah:

1. PIN 0 dan PIN 1 (Tx dan Rx) digunakan untuk memonitoring data dan untuk komunikasi Bluetooth
2. PIN 2 dan PIN 3 digunakan sebagai Output sistem yang terhubung pada IN1 dan IN2 Modul Relay
3. PIN 3.3V dihubungkan pada VCC di Bluetooth
4. PIN 5V dihubungkan pada VCC dari Modul Relay
5. PIN GND Arduino dihubungkan ke GND pada Bluetooth dan GND Modul Relay
6. Positif Baterai dihubungkan ke Step Down selanjutnya dihubungkan ke Arduino Uno.

7. Negatif Baterai dihubungkan ke Step Down selanjutnya dihubungkan ke Arduino Uno.

5.5 EVALUASI

1. Buat rangkaian sistem pengaman : simple double layer.
2. Install pada kendaraan dan aktifkan sistem pengaman.
3. Uninstall sistem pengaman dan buat resume kegiatan.

Daftar Pustaka

- [1] T. M. Sales and A. R. Reserved, "Electrical fundamentals," [Online]. Available: <http://www.autoshop101.com/forms/h1.pdf>.
- [2] T. Denton, *Automobile Electrical and Electronic Systems*. 2004.
- [3] M. M. A. M F Jauhari, "The development of appropriate technology : Simple double layer vehicle safety system The development of appropriate technology : Simple double layer vehicle safety system," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1450, p. 012103, 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1450/1/012103.
- [4] S. M. Muhammad Firdaus Jauhari, "PERANCANGAN TEKNOLOGI DRIVE BY TOUCHING SEBAGAI FITUR PENGAMAN OTOMATIS PADA KENDARAAN BERMOTOR," *SNRT*, vol. 5662, no. November, pp. 106–114, 2017.
- [5] R. B. GmbH, *Bosch Automotive Electrics and Automotive Electronics*. 2007.
- [6] W. B. Ribbens, *Understanding Automotive Electronics*. 2017.
- [7] Toyota Motor Sales, "System Diagnosis and Troubleshooting Check Engine Lamp Functions VF (Voltage Feedback) Terminal Function," in *ENGINE CONTROLS PART #4 - DIAGNOSIS*, .
- [8] B. Hollebeak, *Classroom Manual for Automotive Electricity And Electronics*. Delmar, Cengage Learning, 2011.

Pengantar Sensor Otomotif (Gasoline Engine Control Sistem)

M. FIRDAUS JAUHARI

Perkembangan teknologi pada mobil semakin terintegrasi dengan komponen-komponen elektronik yang dikontrol oleh komputer, dan semakin terus bergerak ke arah mobil listrik yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Pada masa depan konsep mobil menjadi komputer yang diberi roda, sehingga pemahaman elektrikal dan elektronika harus melebur dengan pengetahuan mekanikal yang menjadi dasar bagi teknisi otomotif saat ini. Oleh karena itu, buku ini disusun sebagai pelengkap bahan ajar bagi mata kuliah sensor dan transduser.

Buku ini terdiri dari 5 bab yang menyajikan secara ringkas materi sensor dan transduser yang umum terdapat pada sistem kontrol mobil saat ini, khususnya pada sistem bahan bakar. Dan pada bagian bab akhir penulis sampaikan materi hasil penelitian berupa teknologi tepat guna, sebuah sistem pengaman kendaraan : simple double layer, untuk memberikan gambaran aplikasi sederhana untuk membuat kontrol pada salah satu sistem mobil.



Penerbit Poliban Press

Redaksi :

Politeknik Negeri Banjarmasin, Jl. Brigjen H. Hasan Basry,
Pangeran, Komp. Kampus ULM, Banjarmasin Utara

Telp : (0511)3305052

Email : press@poliban.ac.id

ISBN 978-623-7694-43-4

