

2. STUDI LITERATUR

2.1. Sistem Induksi Udara

Di dalam sistem bahan bakar konvensional, udara yang masuk kedalam silinder tidak diukur sehingga besar kemungkinan adanya campuran yang terlalu kaya dan terlalu miskin pada putaran tertentu. Disisi lain kualitas udara yang masuk hanya tergantung pada filter udara. Filter udara yang masih bersih, kualitas udara yang masuk ke dalam ruang silinder kualitasnya baik, sehingga pembakaran pada ruang silinder dapat maksimal dan tenaga yang dihasilkan juga besar. Apabila saringan udara sudah kotor maka udara yang masuk kualitasnya juga buruk, jika kualitas udara buruk maka pembakaran dalam silinder tidak maksimal dan menyisakan emisi gas buang. Udara yang masuk kedalam silinder diatur sehingga disetiap putaran kualitas campuran antara udara dan bahan bakar tetap ideal sesuai disetiap putarannya.

Kendaraan *Elektronic Fuel Injection* (EFI) secara umum dapat dibagi menjadi tiga sistem fungsi utama pada mesin. Tiga sistem utama tersebut adalah sistem induksi udara (*Air Induction System*), sistem bahan bakar (*Fuel System*), dan unit kontrol elektronik (*Electronic Control Unit*).

2.1.1. Tiga Sistem Induksi Udara

- a) **Sistem induksi udara**, merupakan sistem yang berguna dalam mengambil atau menyerap oksigen sebagai salah satu faktor dalam terjadinya proses pembakaran di dalam silinder.
- b) **Sistem bahan bakar**, merupakan sistem yang berfungsi menyalurkan bahan bakar dari tangki sampai ke dalam silinder.
- c) **Sistem ketiga adalah unit kontrol elektronik**, sistem ini berfungsi menerima sinyal dari sensor dan mengolahnya kemudian perubahan sinyal tersebut direspon dan dikerjakan oleh aktuator.

Ketiga sistem tersebut pada proses kerjanya saling mendukung, adanya kerusakan pada salah satu komponen (sensor atau aktuator) dari salah satu sistem

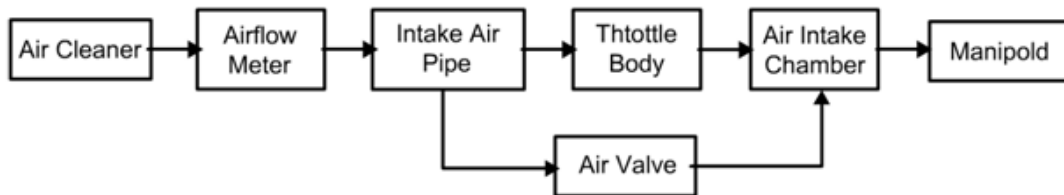
maka kerja mesin menjadi terganggu. Hubungan antara sensor dan aktuator juga tidak langsung satu sensor mempengaruhi satu aktuator, tetapi semua sensor dan aktuator saling mendukung menjadi sebuah sistem.

2.1.2. Fungsi Sistem Induksi

Sistem induksi berfungsi untuk menyalurkan udara segar dari luar untuk proses pembakaran dalam silinder. Mengukur jumlah (L-EFI) atau tekanan (D-EFI) udara yang masuk, dan diubah oleh sensor pada sistem induksi menjadi sinyal yang dikirim ke ECU untuk menambah atau mengurangi jumlah penginjeksian bahan bakar sesuai dengan kondisi beban. Disisi lain sistem induksi bekerja untuk mengatur posisi idle dan putaran tinggi untuk meningkatkan efisiensi volumetrik engine.

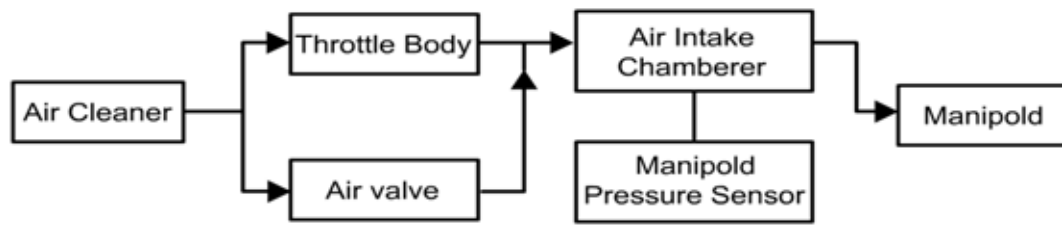
2.1.3. Skema Aliran Sistem Induksi

Perbedaan engine tipe L-EFI dan D-EFI hanya terdapat pada sensor pengukuran udara yang masuk, pada komponen sensor maupun aktuator lain kedua tipe mesin EFI tetap sama. Sistem aliran udara dimulai dari aliran udara masuk dari filter udara dengan menyaring kotoran dan debu, *air metering* (*Air Temperatur Sensor* dan *Air flow sensor* pada L-EFI), menuju *throttle body*, *intake manifold* berupa sensor (*Manifold Air Pressure* pada D-EFI), dan ke ruang bakar. Skema aliran udara terlihat pada Gambar 2.1 dan Gambar 2.2.



Gambar 2.1 Skema Aliran Sistem Induksi Tipe L-EFI

Sumber : <http://www.autoshop101.com/>. Retrived 5 Mei 2017



Gambar 2.2 Skema Aliran Udara pada D-EFI

Sumber : <http://www.autoshop101.com/>. Retrived 5 Mei 2017.

2.2. Komponen Sistem Induksi

Komponen sistem injeksi udara mesin EFI membedakan menjadi dua tipe EFI yaitu tipe L-EFI dan D-EFI. Sensor yang terdapat pada sistem induksi berfungsi untuk memonitor keadaan temperatur udara, aliran udara yang masuk atau tekanan kevakuman *intake manifold*, dan sensor posisi *throttle*. Sinyal dari sensor tersebut berguna untuk memasukan sinyal input ke ECU yang nantinya diolah dan digunakan kondisikan kerja aktuator. Berikut ini adalah komponen-komponen sistem induksi kedua tipe EFI :

2.2.1. Filter udara (*Air Filter*).

Udara bebas yang diserap bukan hanya terdiri dari oksigen tetapi terdapat kandungan udara yang lain yaitu kotoran atau debu, sedangkan kebutuhan udara yang dibutuhkan untuk pembakaran adalah udara bersih (oksigen). Udara yang masuk kedalam ruang bakar harus udara yang bersih, kotoran yang ikut masuk ke dalam ruang bakar menyebabkan pembakaran tidak sempurna. Alasan tersebut menjelaskan bahwa sistem induksi yang berfungsi mengalirkan udara kedalam ruang silinder juga harus bisa membersihkan udara yang masuk.

Filter udara merupakan permulaan dimana udara luar masuk ke dalam sistem induksi. Filter udara berfungsi menyaring udara luar yang masuk ke dalam sistem induksi, adanya filter udara diharapkan udara yang masuk ke ruang bakar adalah udara yang bersih. Kotoran yang masuk ke dalam silinder tidak hanya mengotori ruang bakar tapi dapat membuat dinding silinder dan piston aus tergores debu

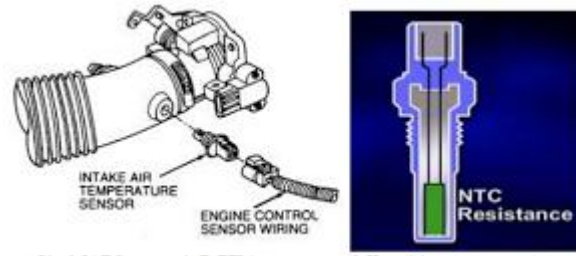
yang masuk, jika dinding silinder sudah aus kotoran yang masuk dalam silinder akan menyebabkan oli kotor.

Bahan yang digunakan untuk filter udara pada mobil ada beberapa seperti filter udara dengan bahan kertas (*dry element*) dan filter udara dengan bahan kertas oli (*wet element*). Kotoran atau debu yang tersaring pada filter udara akan terhenti dan filter udara menjadi kotor.

- a) **Filter udara berbahan kertas** sangat mudah dalam perawatan, pembersihannya dengan menyemprotkan udara berlawanan arah dari arah yang berlawanan.
- b) **Filter udara berbahan kertas oli** terbuat dari kertas yang dilapisi oli untuk memperhalus penyaringan udara yang masuk, sehingga diharapkan udara yang melalui filter udara adalah udara yang benar-benar bersih. Filter jenis ini lebih baik dalam menyaring kotoran, filter jenis ini juga bebas perawatan hanya pada jarak 15.000 km filter udara harus diganti.

2.2.2. Sensor temperatur udara (*Air Temperatur Sensor*).

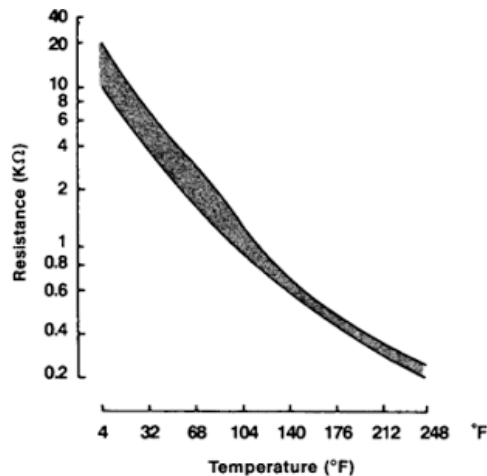
Intake Air Temperatur sensor (IAT sensor) berfungsi untuk mengukur temperatur udara yang masuk ke *intake manifold*, sinyal dari temperatur digunakan ECU salah satunya untuk mengatur jumlah penyemprotan bahan bakar di injektor. IAT Sensor pada mesin L-EFI menyatu dengan *Air Flow* sensor dan berada disaluran antara filter udara dan *throttle body*, sedangkan pada mesin D-EFI sensor ini berada di belakang air filter. Lokasi IAT sensor dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 IAT Sensor pada D-EFI

Sumber : <http://www.autoshop101.com/>. Retrived 5 Mei 2017.

IAT Sensor menggunakan thermistor sebagai pendeteksi temperatur udara, besar kecilnya tahanan pada thermistor berubah-ubah sesuai tingginya temperatur udara. Resistansi antara temperatur dan tahanan pada IAT sensor adalah berbanding terbalik. Semakin tinggi temperatur udara yang masuk ke *intake manifold* tahanan thermistornya semakin rendah, dan sebaliknya. Perbandingan tersebut dapat kita lihat pada perbandingan pada Gambar 2.4 dan Gambar 2.5.

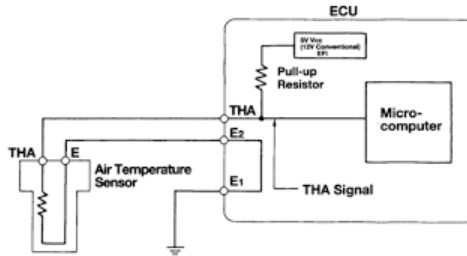


Gambar 2.4 Perbandingan Temperatur dan Resistansi IAT Sensor

Sumber : <http://www.autoshop101.com/>. Retrived 5 Mei 2017.

Rangkaian kelistrikan IAT sensor, ECU memberikan sinyal tegangan sebesar 5 volt ke sensor melalui internal resistor. Nilai tegangan tersebut akan berubah sesuai dengan kondisi temperatur udara yang masuk ke dalam *intake manifold*.

Fluktuasi tegangan yang ditimbulkan oleh IAT sensor akan dideteksi ECU sebagai perubahan temperatur pada sensor dan menjadi sinyal input ECU.



Gambar 2.5 Rangkaian kelistrikan IAT sensor

Sumber : <http://www.autoshop101.com/>. Retrived 5 Mei 2017.

2.2.3. Sensor Aliran Udara (*Air flow sensor Sensor*) untuk L-EFI.

Sensor ini berada di antara filter udara dan throttle body, Air flow sensor berfungsi untuk mengukur jumlah udara yang masuk ke dalam ruang silinder. Perubahan jumlah udara ini seiring dengan perubahan pembukaan throttle valve, perubahan jumlah aliran udara yang masuk juga merubah besarnya sinyal output air flow sensor ke ECU. Sensor air flow sensor memanfaatkan tahanan yang berubah-ubah untuk merubah tegangan output sesuai banyaknya aliran udara yang masuk. Air flow sensor merupakan komponen vital untuk mesin L-EFI sehingga harus memiliki kriteria sebagai berikut :

- Respon akurat terhadap berbagai aliran udara yang masuk.
- Respon cepat dan langsung terhadap berbagai perubahan yang cepat pada aliran udara.
- Proses sinyal mudah.
- Karakter tersebut digunakan sebagai syarat mutlak *Air flow sensor* untuk memaksimalkan sinyal input ke ECU.

Air flow sensor memiliki dua tipe deteksi udara yaitu tipe deteksi langsung dan tipe deteksi tidak langsung. Tipe deteksi langsung memiliki varian pendeteksi

aliran udara yaitu *vane type air flow* sensor dan *karman vortek air flow* sensor, serta pendeteksi berat udara yaitu *hot wire type* dan *hot file type*. Dan tipe deteksi tidak langsung memiliki varian *speed density type* dan *throttle speed type*. Kedua tipe ini hanya berbeda pada komponen pengukuran jumlah udara masuk sebagai sinyal input.

a. *Vane Type Air Flow* sensor

Sensor ini terdiri dari plat pengukur, pegas pengembali dan potensiometer. Disensor ini terdapat juga *idle mixture adjusting screw*, *fuel pump switch*, dan *intake air temperature sensor*. Udara yang masuk ke *intake air chamber* akan dideteksi dengan gerakan membuka dan menutupnya plat pengukur. Plat pengukur ini ditahan oleh sebuah pegas pengembali. Plat pengukur dan potensiometer terhubung dan bergerak pada poros yang sama, sehingga sudut membukanya plat pengukur akan merubah nilai tahanan potensiometer. Perubahan nilai tahanan potensiometer akan mengubah besarnya tegangan output *air flow* sensor, perubahan tegangan digunakan ECU salah satunya untuk menambah atau mengurangi jumlah pengijeksian bahan bakar.

Desain rangkaian kelistrikan *air flow* sensor memiliki dua jenis yaitu, desain generasi pertama dan desain generasi kedua. Desain kelistrikan generasi pertama memvariasikan sinyal dengan tegangan rendah ketika volume udara rendah dan tegangannya tinggi ketika volume udara juga tinggi, perubahan tegangan pada jenis pertama antara tegangan dengan volume udara berbanding lurus. Tegangan yang digunakan memanfaatkan tegangan baterai langsung sebesar 12 volt, pada pendeteksian sinyal output ECU membutuhkan tegangan tetap sebagai tegangan referensi. Terminal yang digunakan pada *air flow* sensor sensor jenis pertama sebanyak empat terminal kabel yaitu tegangan baterai (V_b), Tegangan tetap (V_c), Tegangan sinyal output (V_s), dan massa (E_2).

Desain kelistrikan generasi kedua memiliki karekter yang berkebalikan dengan generasi pertama, pada desain ini ketika volume udara rendah tegangan output sinyal

tinggi dan tegangan akan menurun jika volume udara yang masuk semakin meningkat atau semakin panas. Tegangan yang digunakan pada rangkaian kelistrikan tipe kedua ini maksimal 5 volt, dan tidak menggunakan tegangan referensi dalam penentuan pengukuran sinyalnya. Tidak membutuhkannya tegangan referensi menjadikan rangkaian kelistrikan tipe ini lebih simpel, hanya menggunakan tiga terminal kabel yaitu tegangan sinyal input sensor yang menyatu dengan tegangan kontrol pada ECU (Vcc), tegangan sinyal output (Vs), dan massa (E-2). Gambar di bawah diperlihatkan rangkaian kelistrikan *air flow* sensor desain pertama dan desain kedua, serta perbandingan naik turun volatase terhadap pembukaan katup.

b. Karman Vortex Air Flow sensor

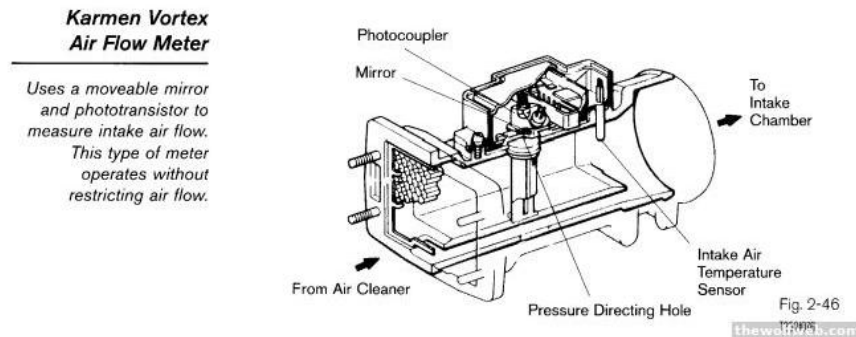
Karman Vortex type air flow sensor (K/V type) komponennya tidak menggunakan komponen bergerak dalam pengukuran jumlah udara yang masuk *intake manifold*. Sensor *karman vortex type air flow* sensor ini memiliki beberapa tipe sesuai dengan komponen yang digunakan untuk mendeteksi jumlah udara yang masuk, yaitu *ultrasonic type*, *mirror type*, dan *pressure sensing type*. Rangkaian kelistrikan sensor ini sama seperti rangkaian kelistrikan *vane type air flow* sensor desain kedua dan menggunakan tegangan 5 volt, tegangan kerja yang rendah akan memaksimalkan kerja dari sensor walaupun baterai dalam keadaan *drop-voltage*.

karman vortex type air flow sensor memiliki tiga tipe sesuai dengan proses dan cara pengukuran udara yang masuk, yaitu *ultrasonic type*, *mirror type*, dan *pressure sensing type*.

- **Tipe Ultrasonik**

Air flow sensor tipe ini memiliki dua saluran masukan udara yaitu saluran utama dan saluran *by-pass*. Saluran utama digunakan untuk mendeteksi jumlah udara yang masuk (tempat sensor aliran udara), dan mengatur putaran mesin supaya tetap konstan. Saluran *by-pass* digunakan untuk mengatur aliran udara yang dibutuhkan mesin dengan cara memperbesar/memperkecil salurannya, tanpa

mengubah saluran utama. Saluran dan model sensor ini dapat kita lihat pada Gambar 2.6



Gambar 2.6 Penampang dan komponen K/V AFS tipe *ultrasonic*.

Sumber : Well Counter Point The Electronic, Diagnostic, and Drive Ability

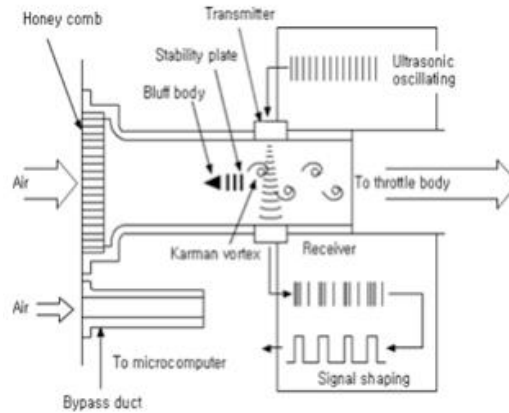
Resource (William Allen, 1999)

Penampang dan komponen K/V AFS tipe *ultrasonic*, memperlihatkan komponen yang terdapat dalam K/V AFS, komponen yang akan kita bahas sekilas meliputi ultrasonik transmitter, sirkuit kontrol, dan thermistor sensor. Ultrasonik transmitter akan memancarkan gelombang ultrasonik yang akan melewati *swirl* (lingkar) ke *receiver*, gelombang ultrasonik akan dimodulasi secara bertahap oleh *swirl* yang dibuat.

Sirkuit kontrol mendeteksi perbedaan potensial gelombang ultrasonik yang melalui K/V AFS, dan menghasilkan pulsa elektronik yang sebanding dengan kecepatan aliran udara, diluar dari gelombang yang lewat melalui filter. Thermistor disini berfungsi untuk mendeteksi temperatur udara yang masuk sebagai kompensasi kelembaban udara yang masuk, dengan kata lain termistor sensor berfungsi menggantikan *Intake Air Temperature* sensor.

Prinsip kerja AFS tipe ini adalah dengan menggunakan prisma segitiga yang berada ditengah K/V AFS udara yang masuk akan terpecah setelah melewati prisma dan alirannya menjadi berputar atau melingkar. Sensor mendeteksi putaran angin menggunakan gelombang ultrasonik dan merubahnya kedalam sinyal pulsa

elektrik sebagai sinyal masukan ke dalam ECM. Prinsip pengukuran udara dapat kita lihat pada Gambar 2.7.

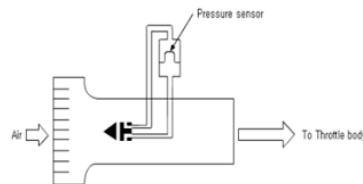


Gambar 2.7 Prinsip pengukuran K/V AFS *ultrasonic type*.

Sumber : <http://www.autoshop101.com/>. Retrived 5 Mei 2017.

- **Mirror type dan Pressure sensing type**

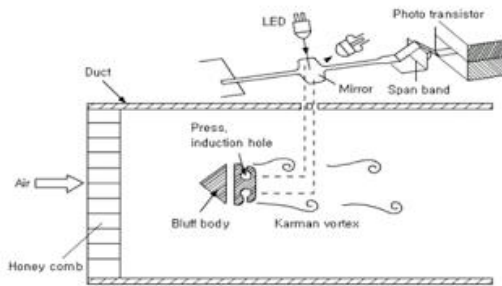
AFS tipe ini juga menggunakan gelombang ultrasonik untuk mendeteksi jumlah udara yang masuk, yaitu dideteksi dari tekanan melalui putaran angin yang dibangkitkan dari kedua ujung *swirling pillar*, melalui bukaan lubang tekanan (*inlet*), kemudian mendeteksi tekanan yang ada melalui getaran putar balik (*mirror type*) atau sensor tekanan (*pressure sensing type*), dan terakhir merubahnya menjadi sinyal elektrik. AFS yang menggunakan sensor tekanan akan mendeteksi jumlah aliran udara yang masuk ke *intake manifold* dengan cara memonitoring kecepatan udara masuk menggunakan sesor tekanan, Gambar 2.8 menjelaskan prinsip kerja K/V AFS *pressure sensing type*.



Gambar 2.8 Prinsip pengukuran K/V AFS tipe *pressure sensing*.

Sumber : <http://www.autoshop101.com/>. Retrived 5 Mei 2017.

Tipe mirror ini mengandalkan prinsip kerja listrik dimana sinyal elektrik akan dihasilkan pada saat cahaya terpancar dari LED yang ditempatkan pada sisi atas mirror yang dipantulkan oleh cermin dan kemudian dipancarkan ke photo transistor. Pada saat cerminnya bergetar oleh adanya perubahan tekanan, tingkat keterangan cahayanya akan berubah mengikuti sudut pantulnya, dan kemudian dipantulkan sebagai arus untuk selanjutnya dirubah ke dalam bentuk sinyal digital. Prinsip kerjanya dapat dilihat pada Gambar 2.9.

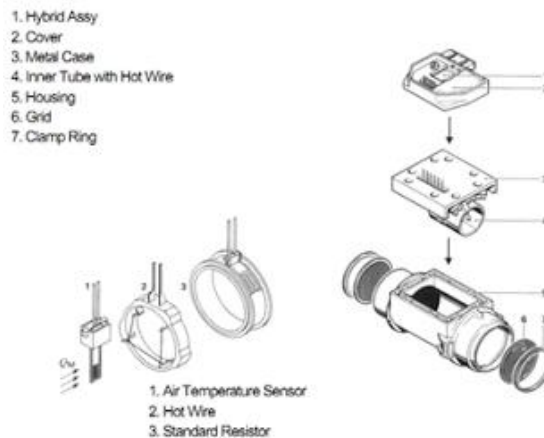


Gambar 2.9 Prinsip pengukuran K/V AFS tipe *mirror*

Sumber : <http://www.autoshop101.com/>. Retrived 5 Mei 2017.

- **Tipe *Hot Wire* dan Tipe *Hot Film***

- *Hot Wire Type*

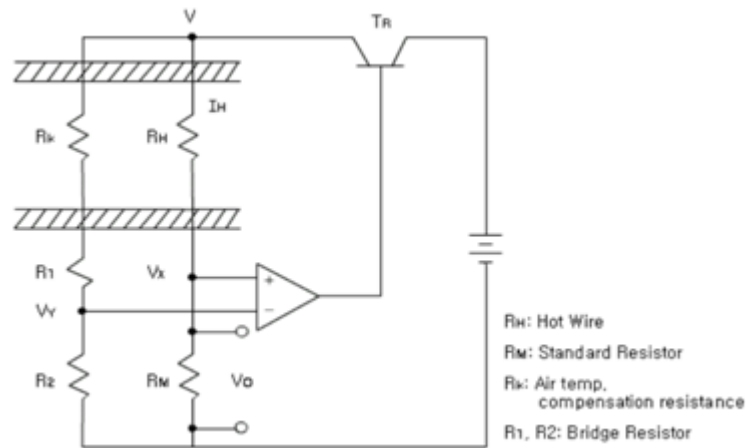


Gambar 2.10 Komponen AFS tipe *hot wire*.

Sumber : <http://www.autoshop101.com/>. Retrived 5 Mei 2017.

AFS tipe ini menggunakan kabel yang diberi arus yang menciptakan panas pada kabel, panas akan didinginkan oleh aliran udara yang masuk ke saluran intake. Sensor tipe *hot wire* menggunakan prinsip kerja transfer panas antara objek panas dan udara. Ketika temperatur tahanan sensor panas maka nilai tahanannya tinggi, arus yang keluar dari sensor ini kecil. Ketika saluran intake dialiri udara temperatur tahanan sensor panas menjadi lebih dingin, dengan menurunnya suhu pada tahanan menurun sehingga arus yang keluar dari sensor semakin besar. Dengan kata lain, semakin tinggi jumlah udara yang masuk semakin besar kenaikan tegangan. Tipe ini mendeteksi berat udara dan tidak dipengaruhi oleh perubahan kelembaban udara. Oleh karena itulah pada prinsipnya ECU tidak memerlukan lagi kompensasi terhadap temperatur dan udara.

Prinsip pengukuran udara yang masuk terlihat pada diagram kelistrikan, sebagai ditunjukkan pada Gambar 2.11.



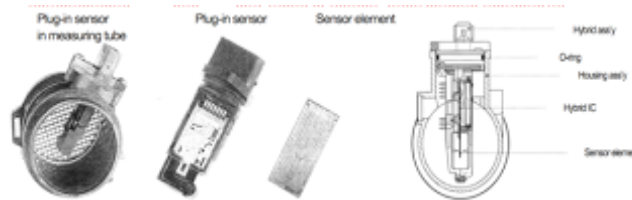
Gambar 2.11 Diagram kelistrikan tipe *Hot Wire* AFS.

Sumber : <http://www.autoshop101.com/>. Retrived 5 Mei 2017.

Hot Film Type

Cara kerja AFS tipe *Hot Film* ini sama dengan *Hot Wire* hanya terdapat beberapa penyempurnaan sebagai berikut :

- Desain lebih sederhana dengan mengurangi panjang kabel sensor dan koneksi dengan *throttle body* lebih baik.
- Biaya perawatan lebih murah.
- Debu halus yang masuk pada saluran intake tidak ada yang menempel pada sensor.
- Respon lebih cepat.



Gambar 2.12 AFR tipe *Hot film* (Hyundai motor)

Sumber : <http://AutoOne.bp.com/-WwtaY7Xy4MI/UVPz2LzMAQI/yLEAp6R1zw4/s1600/Untitled17.png>. Retrived 5 Mei 2017.

c). *Speed Density Type*

AFS tipe ini terdiri dari dua sistem utama sebagai sensor yaitu *pressure sensor* dan *intake air temperature sensor*. *Pressure Sensor* mendeteksi perubahan tekanan *intake manifold* begitu juga terhadap perubahan tegangan. *Pressure sensor* ini merupakan susunan elemen dan komponen sirkuit yang melakukan proses konversi sinyal output. Output dan sensor ini akan berbanding sama dengan tekanan vacum dari *intake manifold*, dengan kata lain semakin besar kevakuman output tegangan dari sensor tersebut akan semakin meningkat. *Intake air temperature sensor* fungsinya adalah mendeteksi temperatur udara yang masuk, untuk tipe *speed density* sensornya bisa dipasang pada *surge-tank* untuk mendeteksi temperatur udara masuk di komponen induksi tekanan.

d). *Trottle Speed Type*

Tipe ini mendeteksi besar udara intake dengan cara memperkirakan jumlah udara intake yang masuk ke mesin per siklus berdasarkan sudut bukaan dan putaran mesin, kemudian menghitung banyaknya bensin yang disemprotkan.

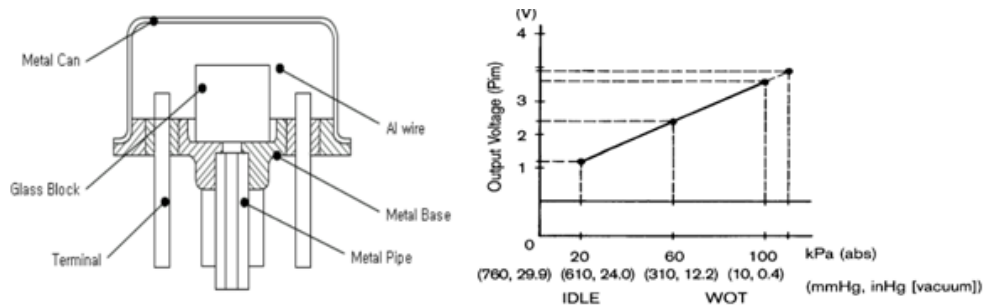
Namun demikian penghitungan rata-rata udaranya sangat rumit banyak korelasi yang terlibat, dan akibatnya adalah proses pendeteksian jumlah udara tidaklah mudah. Oleh sebab itu kendaraan yang dibuat sekarang tidak menggunakan tipe ini lagi.

2.2.4 Sensor Kevakuman untuk D-EFI.

Tekanan hisap (vakum) udara didalam *intake manifold* berbeda-beda sesuai dengan pembebanan pada mesin. Ketika mesin mati tekanan didalam *intake manifold* sama dengan tekanan diluar (tekanan atmosfer). Kevakuman besar terjadi ketika mesin hidup dan posisi *throttle* tertutup, sebagai contoh saat mesin deselerasi atau ketika terjadi pengereman. Kevakuman pada *intake manifold* akan menurun seiring katup *throttle* membuka semakin besar. Kevakuman pada *intake manifold* tidak bisa menjadi vakum sempurna karena udara tetap ada yang masuk kedalam *intake manifold*, sebab saat mesin hidup jika saluran *intake* ditutup rapat maka mesin akan mati. Kevakuman dalam *intake manifold* ini diukur dengan menggunakan *manifold absolute pressure* sensor atau sering disebut MAP sensor. Sinyal output MAP sensor digunakan ECM untuk menentukan jumlah injeksi dan saat pengapian.

MAP sensor dalam pengukuran jumlah udara yang masuk tidak terpengaruh terhadap kebocoran pada manifold dan perubahan tekanan udara luar dan komponen mekanis untuk mengukur jumlah udara lebih sedikit, sehingga lebih baik bila dibandingkan dengan *air flow sensor*.

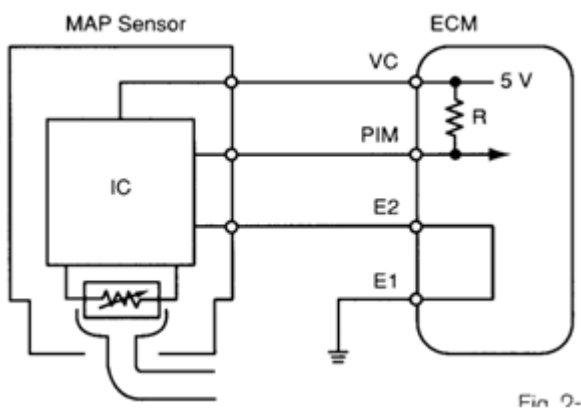
MAP sensor menggunakan *piezoresistive silicon chip* sebagai komponen utama pendeteksi perubahan tekanan hisap pada *intake manifold*. Voltase output sinyal berubah akibat perubahan nilai tahanan yang disebabkan perubahan tekanan pada *intake manifold* yang diolah oleh *Integrated Circuit* (IC) didalam MAP sensor. MAP sensor dihubungkan dengan *intake manifold* menggunakan selang. Konstruksi dan perubahan output tegangan dapat kita lihat pada Gambar 2.12.



Gambar 2.13 Konstruksi MAP sensor dan Perbandingan perubahan tegangan dengan kenaikan kevakuman.

Sumber : <http://AutoOne.bp.com/-WwtaY7Xy4MI/UVPz2LzMAQI/yLEAp6R1zw4/s1600/Untitled17.png>. Retrived 5 Mei 2017.

MAP sensor menggunakan tiga terminal kabel untuk mendeteksi perubahan tekanan pada *intake manifold*. Terminal kabel tersebut berupa terminal input voltase untuk sensor yang berasal dari ECM (Vc), terminal massa atau ground yang berasal dari ECM (E₂), dan terminal sinyal output dari sensor menuju ECM (PIM). Tegangan pada sensor maksimal 5 volt untuk mengantisipasi supaya ketika terjadi drop baterai sensor masih bekerja maksimal dalam mendeteksi kevakuman pada *intake manifold*. Diagram kelistrikan untuk MAP sensor dapat kita lihat pada Gambar 2.13.

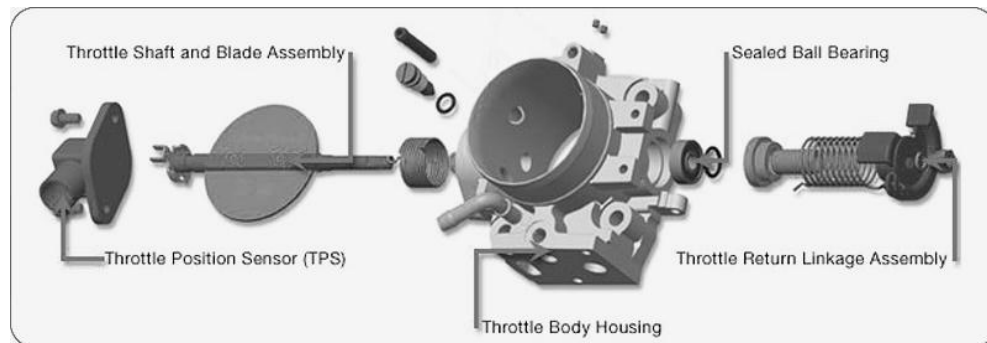


Gambar 2.14 Diagram kelistrikan MAP sensor (Kevin Sullivan's)

Sumber : <http://www.autoshop101.com/>. Retrived 5 Mei 2017.

2.2.5 Throttle body.

Throttle body pada mesin EFI berfungsi untuk mengatur besarnya jumlah udara yang masuk ke dalam silinder sesuai pembukaan throttle dan beban kendaraan. Throttle body bukan merupakan satu komponen tetapi gabungan dari beberapa komponen menjadi satu sistem. Throttle body terdiri dari beberapa bagian yaitu throttle valve (katup throttle), skrup penyetel putaran idle, throttle position sensor, air valve, dashpot dan idle speed control. Komponen tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Throttle body

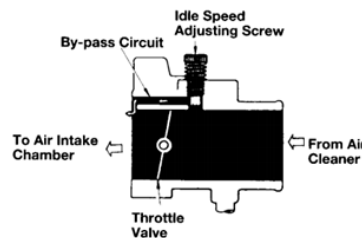
Sumber : Internal Combustion Engine Fundamental. (John B. Heywood, 2005)

- **Throttle valve dan idle speed adjusting screw**

Throttle valve berfungsi mengatur besarnya udara yang masuk ke dalam intake manifold berdasarkan besarnya penekanan pada pedal gas yang dikendalikan oleh pengemudi. Saluran udara throttle merupakan saluran utama untuk menyuplai udara ke dalam silinder. Ketika throttle valve menutup dan mesin menyala udara tidak dapat melewati saluran utama, sehingga mesin dipastikan mesin akan mati. Untuk mencegah terjadinya mesin mati maka diperlukan saluran udara langsung ke dalam intake manifold tanpa melewati throttle valve ketika menutup, atau dengan nama lain idle air by-pass.

Idle air by-pass berfungsi untuk menjaga putaran mesin ketika kondisi idle atau saat throttle valve menutup. Saluran udara by-pass ini juga terdapat *idle*

speed adjusting screw (skrup penyetel putaran idle). *Idle speed adjusting screw* difungsikan sebagai pengatur besarnya jumlah udara yang masuk ke dalam *intake manifold* melalui saluran by-pass. Saluran by-pass hanya berfungsi ketika throttle valve menutup penuh. Cara mengaturnya hanya memutar skrup penyetel searah jarum jam untuk memperkecil saluran by-pass sehingga jumlah udara yang masuk ke dalam intake manifold semakin sedikit. Semakin sedikit jumlah udara yang masuk maka putaran idle mesin semakin rendah. Sebaliknya, ketika kita memutar baut penyetel berlawanan arah jarum jam maka saluran udara by-pass semakin besar. Semakin besar saluran, udara yang masuk semakin banyak sehingga putaran idle mesin meningkat. Untuk memperjelas, Gambar 2.16 memperlihatkan lokasi *throttle valve* dan saluran by-pass.



Gambar 2.16 Throttle valve dan saluran by-pass

Sumber : Internal Combustion Engine Fundamental. (John B. Heywood, 2005)

- **Throttle Position Sensor**

Throttle Position Sensor (TPS) terpasang pada throttle body dan selalu berhubungan dengan *throttle valve*. TPS berfungsi untuk mendeteksi perubahan posisi throttle dan merubahnya menjadi sinyal elektrik. Selain fungsi utama tersebut, ECM memfungsikan TPS untuk memberikan informasi, sebagai berikut:

1. *Engine mode* ketika posisi *throttle* menutup (*idle*), setengah membuka, dan membuka penuh.
2. Kontrol emisi saat posisi *throttle* terbuka penuh dan saatswitch AC mati.
3. Koreksi perbandingan campuran udara dan bahan bakar.

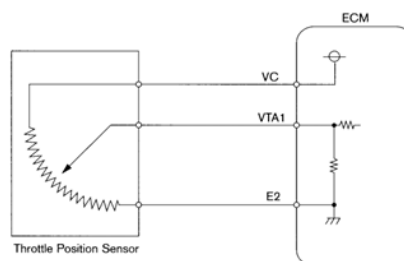
4. Koreksi peningkatan power pada mesin.
5. Mengontrol penghentian bahan bakar ketika deselerasi.

Adanya informasi yang didapat ECM seperti yang disebutkan di atas, diharapkan kerja mesin dapat dimaksimalkan. Ciri dari sensor TPS adalah selalu berada disamping *throttle valve* dan menggunakan tiga kabel yang terhubung dengan ECM, yang terdiri dari sinyal input ke sensor, sinyal output sensor, dan massa. Apabila ada TPS yang menggunakan dua kabel berarti massa dari sensor tersebut langsung terhubung dengan bodi mesin. Perubahan besarnya sinyal voltase output sensor tergantung dari posisi *throttle valve*.

Untuk mendeteksi posisi *throttle* TPS dibuat dengan dua model yaitu, model variabel resistor dan kontak point.

- TPS model Variabel Resistor

TPS model ini menggunakan resistor sebagai perubah besarnya sinyal output sensor, sensor ini menggunakan tiga kabel voltase input(VC), voltase output(VTA), dan massa(E2). Tegangan yang digunakan sensor ini menggunakan tegangan dari ECM sebesar 5 volt. Perbandingan antara bukaan *throttle* dengan besarnya voltase adalah berbanding lurus, dan perbandingan antara bukaan throttle dengan resistansi berbanding terbalik. Ketika posisi idle tegangan yang dikeluarkan sensor antara 0,6 - 0,9 volt, dan ketika *throttle valve* terbuka sampai maksimal tegangan yang dikeluarkan sensor antara 3,5 – 4,7 volt. Untuk memperjelas, diagram kelistrikan TPS model variabel resistor dapat kita lihat pada gambar di bawah.

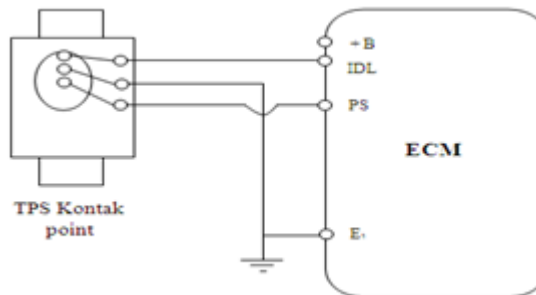


Gambar 2.17 TPS model Resistor

Sumber : <http://www.teknik-otomotif.com/2017/02/throttle-position-sensor-tps.html>. Retrived 5 Mei 2017.

- **TPS model Kontak Point**

TPS model ini berfungsi sebagai pendeteksi perubahan bukaan *throttle*. Terminal yang digunakan juga sama dengan tiga kabel yaitu terminal IDL, PSW, dan E1. Pendeteksian hanya dilakukan pada *throttle* ketika posisi 0 – 50 sebagai posisi idle dan terminal kabel yang berhubungan adalah IDL dengan E1 sebagai posisi putaran idel dan sat deselerasi. Ketika posisi throttle antara 6 – 490 kontak point pada TPS tidak terhubung, ECM akan mendeteksi posisi ini sebagai putaran menengah. Dan ketika throttle membuka dari 500 sampai terbuka penuh terminal kontak point PSW dan E1 kembali terhubung, ECM akan mendeteksi posisi ini sebagai putaran tinggi atau *full load*. Untuk memperjelas penjelasan di atas diperlihatkan pada gambar diagram kelistrikan dibawah ini.



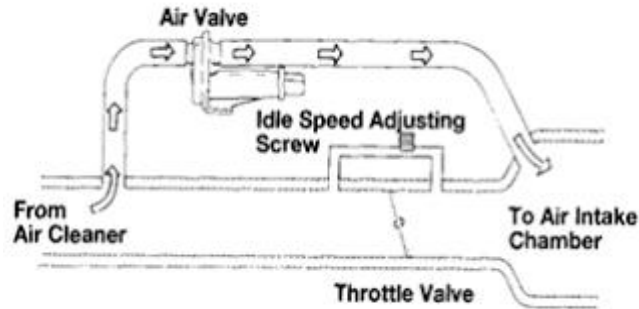
Gambar 2.18 TPS model Kontak Point

Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/02/throttle-position-sensor-tps.html>. Retrived 5 Mei 2017.

2.2.6. Air Valve

Air valve berfungsi sebagai choke elektrik pada mesin EFI, yaitu dengan memberikan tambahan udara yang masuk ke dalam intake manifold ketika mesin dingin atau baru saja dihidupkan melalui saluran udara tersendiri tanpa melewati throttle. Dengan bertambahnya udara yang masuk maka ECM akan mendeteksi tambahan suplai udara dan RPM mesin akan meningkat. Jika mesin sudah

mencapai temperatur kerja *air valve* akan menutup. Jalur masuknya udara melalui *air valve* ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.19 Aliran udara pada *Air Valve*.

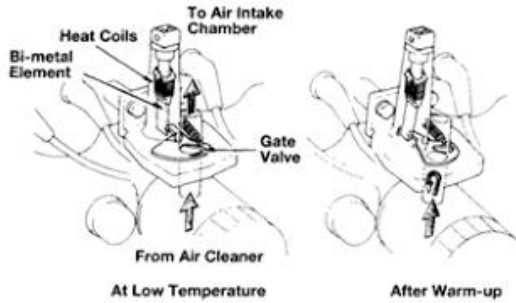
Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/03/air-valve.html>. Retrived 5 Mei 2017.

Air valve tidak dikontrol oleh ECM melainkan dari kondisi panas mesin. Air valve memiliki dua tipe yaitu tipe bi-metal dan tipe *coolant heated wax*.

- **Air valve tipe bi-metal**

Air valve tipe ini menggunakan prinsip keseimbangan yang memanfaatkan lempengan *bi-metal* dan pegas. *Bi-metal* dipanaskan oleh *heater coil* yang terhubung dengan *fuel pump*. Ketika masih dingin *bi-metal* kuat menahan tarikan pegas sehingga plat penutup katup tetap terbuka dan udara dapat melewati saluran *by-pass*, dengan bertambahnya udara maka ECM akan meningkatkan jumlah penginjeksian bahan bakar sehingga RPM mesin meningkat. *Heater coil* yang semakin panas mengakibatkan *bi-metal* melengkung sehingga plat penutup semakin menutup oleh tarikan pegas sampai akhirnya menutup. Saluran *by-pass* yang semakin menutup maka udara yang masuk ke dalam *intake manifold* semakin sedikit dan ECM akan mengurangi jumlah penginjeksian bahan bakar,

sehingga RPM mesin semakin menurun dan kembali pada RPM *idle* normal. Keterangan diatas diperjelas oleh Gambar 2.19.

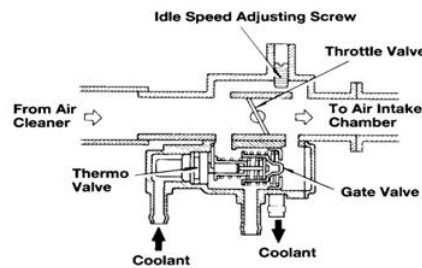


Gambar 2.20 Air Valve tipe bi-metal

Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/03/air-valve.html>. Retrived 5 Mei 2017.

- **Air valve tipe coolant heated wax**

Air valve tipe ini menyat dengan *throttle body*, hanya by-pass udara masuk melalui saluran depan *throttle* dan langsung masuk ke *intake manifold*. Komponen pada Air valve terdiri dari pegas A yang berguna membantu mendorong thermo valve agar terbuka, pegas B berguna membantu mendorong thermo valve agar tertutup, dan thermo valve yang bekerja membuka dan menutup saluran by-pass udara. Komponen tersebut diperlihatkan pada gambar di bawah ini.



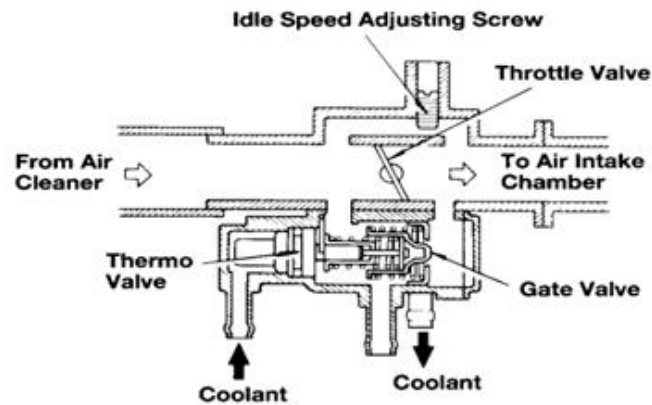
Gambar 2.21 Air valve tipe wax.

Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/03/air-valve.html>. Retrived 5 Mei 2017.

Kerja Air valve ini memanfaatkan panas dari air pendingin mesin. Ketika mesin dingin dan panas dari air pendingin belum mampu memanaskan *thermo valve* sehingga batang katup tidak mampu menutup saluran *by-pass* dan pegas B mempertahankan supaya saluran tetap terbuka, dan udara yang masuk banyak sehingga ECM menambah jumlah penginjeksian bahan bakar. Saat air pendingin mulai panas *thermo valve* semakin memuai dan mampu mendorong batang katup sehingga saluran udara *by-pass* semakin kecil sampai akhirnya menutup pada suhu air pendingin 800, dan putaran *idle* semakin menurun hingga ke putaran normal. Kerja *air valve* dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

2.2.7. Idle Speed Control

Idle Speed Control (ISC) berfungsi untuk mengatur volume udara yang masuk ke dalam *intake manifold* melalui saluran *by-pass* yang dikontrol oleh ECM. Sekilas sama dengan air valve dan menggunakan saluran *air valve* tetapi yang membedakan antara *ISC valve* dan *air valve* adalah mekanisme pengontrolan, air valve tidak dikontrol oleh ECM dan hanya memanfaatkan beberapa komponen dalam sistem dimesin sedangkan kerja *ISC valve* sepenuhnya diatur oleh ECM. Air valve hanya berfungsi sebagai choke elektrik dan *ISC valve* untuk meningkatkan dan menurunkan putaran idle ketika mesin mendapat beban seperti beban dari sistem AC, beban dari transmisi otomatis, ataupun beban kelistrikan yang lain dan juga ada yang dapat berfungsi sebagai choke elektrik. Tanpa adanya *ISC valve* mesin yang mendapat beban saat putaran idle akan mati. Konstruksi dari lokasi penempatan *ISC valve* dapat dilihat pada diagram gambar di bawah ini.



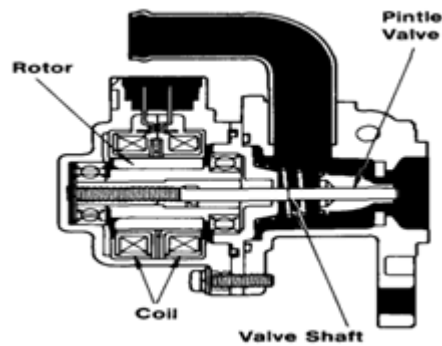
Gambar 2.22 Konstruksi dan lokasi penempatan ISC valve

Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/03/air-valve.html>. Retrived 5 Mei 2017.

ECM dalam mengontrol dan menggerakkan ISC valve terbagi menjadi empat jenis yaitu *stepper motor*, *rotary solenoid*, *duty control*, dan *vacum switching valve (VSV) control*.

- ***Stepper motor***

ISC valve tipe ini memanfaatkan motor stepper yang dikontrol ECM untuk mengatur volume udara yang masuk ke dalam *intake manifold* melalui saluran *by-pass*. Ketika putaran idle dan mesin mendapat beban ECM akan mengirim sinyal ke *Stepper motor* ISC valve untuk membuka *by-pass valve* dengan cara memutar rotor pada motor, sehingga batang katup tertarik dan saluran membuka udara semakin lebar. Semakin banyak jumlah udara yang masuk maka ECM akan menambah jumlah penginjeksian bahan bakar dan RPM mesin akan meningkat. Ketika kerja mesin dapat mengimbangi beban pada kendaraan maka katup ISC akan memperkecil saluran *by-pass* sehingga udara yang masuk ke dalam *intake manifold* sedikit dan penginjeksian bahan bakar berkurang dan RPM mesin akan menurun kembali.

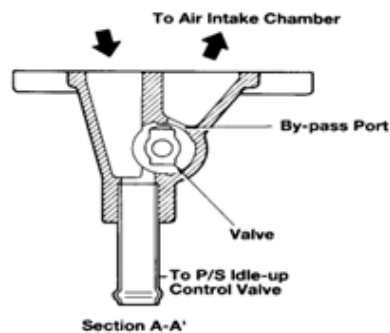


Gambar 2.23 ISC tipe *stepper motor*

Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/03/air-valve.html>. Retrived 5 Mei 2017.

- ***Rotary Solenoid control***

ISC tipe ini prinsip kerjanya sama dengan *stepper motor*, hanya komponen yang digunakan untuk mengatur besarnya saluran *by-pass* adalah *rotary* dan *solenoid*. *Solenoid* difungsikan untuk membangkitkan kemagnetan sehingga *rotary* dapat berputar, *rotary* ketika berputar berfungsi untuk mengatur saluran *by-pass* yang dibantu plat bi-metal yang difungsikan sebagai penyeimbang dan pegas pengembali. ISC tipe ini bentuknya lebih kecil dan lebih baik dalam mengontrol udara yang masuk melalui saluran *by-pass* ketika *throttle* tertutup.

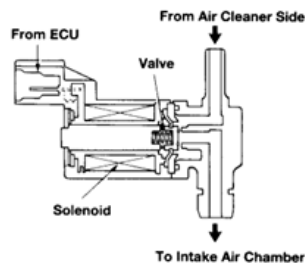


Gambar 2.24 ISC tipe *rotary solenoid*

Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/03/air-valve.html>. Retrived 5 Mei 2017.

- ***Duty Control***

ISC tipe *duty control* menggunakan solenoid sebagai pembangkit kemagnetan dan katup saluran by-pass dan pegas pengembali. Karakter ISC tipe ini ketika normal menutup (*normaly closed*) dan akan bekerja ketika mendapat sinyal dari ECM. ISC tipe ini tidak dapat difungsikan sebagai choke elektrik untuk membantu pemanasan mesin ataupun saat mesin distarter, ISC hanya bekerja ketika mesin mendapat beban seperti saat AC pertama dihidupkan atau beban kelistrikan lain. Saat mesin mendapat beban ECM akan mengirim sinyal ke solenoid, sinyal pada solenoid akan diubah menjadi kemagnetan sehingga solenoid dapat menarik katup penutup saluran *by-pass*. Apabila putaran mesin sudah kembali stabil kemagnetan akan semakin hilang seiring dengan berkurangnya sinyal dari ECM, katup akan kembali menutup dibantu oleh pegas pengembali.

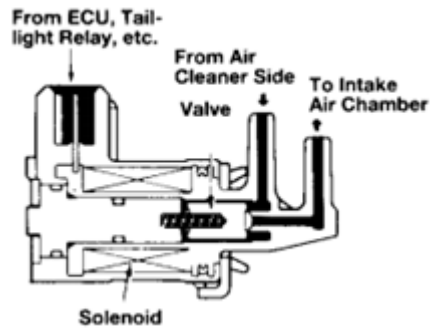


Gambar 2.25 ISC tipe *duty control*

Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/03/air-valve.html>. Retrived 5 Mei 2017.

- ***VSV Control***

ISC tipe ini komponen dan cara pengontrolan saluran *by-pass* sama dengan ISC tipe *duty control*, hanya perbedaannya adalah sinyal input dari ECM yang digunakan untuk mendeteksi pembukaan katup ISC. Sinyal yang diolah ECM untuk mengatur pembukaan katup ISC mengambil dari kevakuman di *intake manifold*, ISC tipe ini juga tidak dapat berfungsi sebagai choke elektrik.

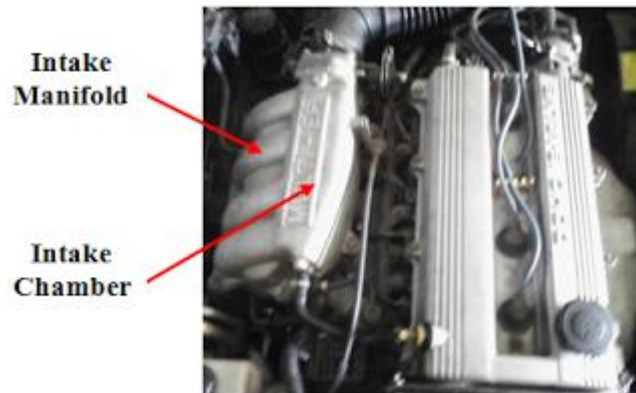


Gambar 2.26 ISC tipe VSV kontrol

Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/03/air-valve.html>. Retrived 5 Mei 2017.

2.2.8. Intake Manifold.

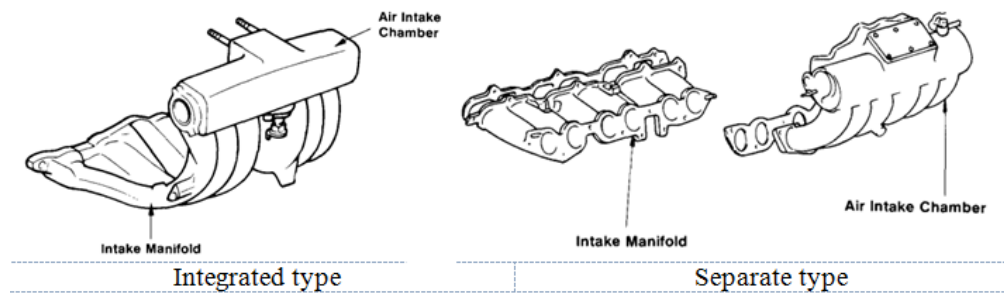
Intake manifold merupakan saluran masuk udara kedalam masing-masing silinder, jumlah *intake manifold* sama dengan banyaknya silinder pada *engine*. Pada intake manifold terdapat ruang pengumpul udara supaya tidak terjadi fluktuasi aliran ketika langkah hisap yang menyebabkan getarana yang semakin besar pada mesin. Ruang penyetabil aliran udara ini disebut dengan *Intake chamber*, komponen ini berada pada diantara *intake manifold* dan *throttle body*. Untuk lebih memperjelas posisi intake chamber pada mesin dapat kita lihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.27 Lokasi *Intake Chamber* dan *Intake Manifold*

Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/03/Intake-Manifold.html>. Retrived 5 Mei 2017.

Intake manifold pada mesin EFI terbagi menjadi dua model, yaitu *separate type* dan *integrated type*. *Separate type* merupakan model *intake manifold* dan *intake chamber* yang terpisah, ketika ingin melepas *intake chamber* tidak perlu *intake manifold*. Sedangkan pada *intake manifold integrated type* antara *intake manifold* dan *intake chamber* menyatu, sehingga tidak dapat dibongkar sendiri-sendiri. Keterangan tersebut di perjelas dengan gambar di bawah ini.



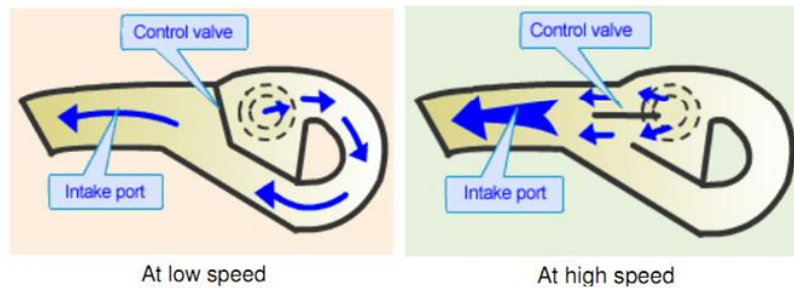
Gambar 2.28 *Intake manifold model integrated dan separate type*.

Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/03/Intake-Manifold.html>. Retrived 5 Mei 2017.

Intake manifold sekarang untuk dikembangkan menjadi variabel *intake manifold*. Perkembangan ini dibuat karena dengan panjang *intake manifold* tetap ketika putaran rendah suplai udara dan bahan bakar memenuhi, sehingga torsi yang didapat pada putaran rendah dan menengah cepat tercapai. Tetapi ketika diputaran tinggi suplai udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang silinder kurang memenuhi, sehingga tercapainya torsi pada putaran tinggi sangat lama.

Variable *intake manifold* sistem dirancang untuk memenuhi kebutuhan udara dan bahan bakar disetiap putaran. Saat putaran rendah *intake manifold* dibuat panjang sehingga aliran turbulen dapat dihasilkan dan campuran udara bahan bakar yang masuk ke ruang silinder homogen. Ketika putaran menengah *intake manifold* dibuat lebih pendek sehingga kebutuhan suplai udara dan bahan bakar tetap terpenuhi, sedangkan ketika putaran tinggi suplai udara dan bahan bakar sangat cepat sehingga dibutuhkan saluran yang paling pendek untuk mensuplainya. Perubahan jarak *intake*

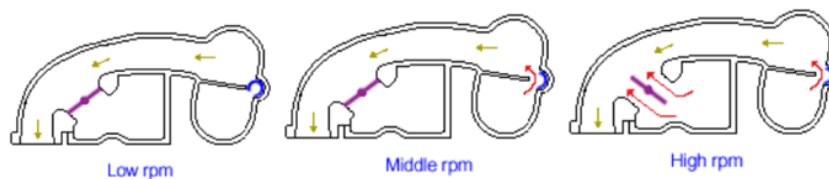
manifold di beberapa tipe kendaraan menggunakan katup sebagai perubah panjangnya jarak jalur masuk udara, dan yang terbaru perubahan panjang *intake manifold* juga sudah dikontrol oleh ECM. Penggunaan katup sebagai perubah jarak memiliki dua model yaitu model *by-pass*, dengan menggunakan satu saluran masuk yang diberi katup dan hanya hanya mengontrol jarak saluran masuk udara pada kecepatan rendah dan tinggi. Model ini diperjelas oleh Gambar 2.29.



Gambar 2.29 *Variable intake manifold model by-pass*

Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/03/Intake-Manifold.html>. Retrived 5 Mei 2017.

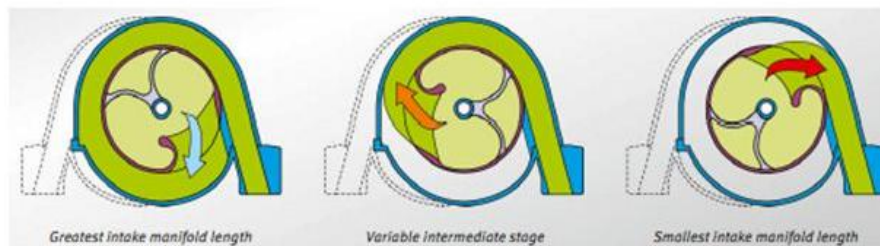
Model kedua *variable intake manifold* dengan katup adalah dengan menggabungkan dua saluran masuk yang terpisah menjadi satu. Model ini dapat mensuplai udara pada kecepatan rendah, menengah dan tinggi sehingga kebutuhan udara dapat terpenuhi pada segala kecepatan. Prinsipnya sama dengan *variable model* pertama hanya saat putaran rendah dan menengah *intake manifold* yang dipakai hanya satu yang jaraknya panjang, dan ketika putaran mesin tinggi *intake manifold* yang dipakai kedua-duanya.



Gambar 2.30 *Variable Intake Manifold model gabungan dua saluran masuk.*

Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/03/Intake-Manifold.html>. Retrived 5 Mei 2017.

Variable intake manifold yang ketiga menggunakan kontrol langsung dari ECM. Pada model ini jarak saluran masuk disesuaikan panjangnya dengan tingginya RPM mesin sehingga kekurangan suplai udara dan bahan bakar sangat diminimalisir. Perubahan panjang intake manifold digerakan oleh motor DC yang pergerakannya dikontrol langsung oleh ECM, kelebihan *variable intake manifold* model ini adalah respon yang cepat disegala putaran mesin sehingga *output power* mesin selalu terjaga. Cara kerja *variable intake manifold* pada berbagai RPM dapat kita lihat pada Gambar 2.31.



Gambar 2.31 *Variable intake manifold* model kontrol ECM

Sumber : <http://www.teknikotomotif.com/2017/03/Intake-Manifold.html>. Retrived 5 Mei 2017.

2.3. Filter

Filter adalah salah satu komponen penting pada bagaian otomotif yang digunakan untuk menyaring semua kotoran dari partikel besar sampai yang berukuran lebih kecil sebelum masuk pada sistem pembakaran, sistem pelumasan, sistem ac pada kabin mobil, dan sistem pada hidrolik. Penggunaan filter sangat penting agar mesin dapat terawat dengan baik dan meminimalkan kerusakan yang terjadi akibat kotoran yang terbawa masuk secara tidak sengaja. Perawatan pada filter juga diperlukan dengan dilakukannya penggantian selama waktu yang ditentukan. Apalagi Indonesia memiliki lingkungan yang kotor sehingga ini dapat memperparah keadaan mesin jika tidak memiliki filter yang baik.

2.3.1. Filter Udara

Filter udara merupakan komponen yang berada pada sistem pasokan udara pada mesin bensin maupun mesin diesel. Penggunaan filter ini digunakan untuk menyaring semua partikel – partikel kotoran yang masuk kedalam ruang bakar dari ukuran kotoran yang besar hingga kotoran yang kecil berukuran mikron. Secara umum filter tersebut membantu untuk menjaga ruang bakar tetap bersih dan memberikan pembakaran yang sempurna sehingga mampu mempertahankan performa mesin secara maksimal. Meskipun filter udara memiliki kemampuan untuk membersihkan udara dari partikel – partikel kotoran, kotoran tersebut menumpuk pada serat filter dan menyumbat serta memblokir saluran filter udara. Filter udara yang tersumbat juga akan mengganggu performa dari mesin dalam melakukan pembakaran sehingga performa mesin tidak kita dapatkan secara maksimal kembali. Penggantian filter udara dilakukan biasanya 10.000 KM sampai !5.000 KM.

Filter yang baik dapat menyaring ukuran partikel hingga 5 μm , jika tidak memiliki kemampuan yang baik maka akan merusak rotor pada turbo charge (untuk tipe mesin turbo), permukaan *valve* pada *cylinder head* akan retak atau mencair, permukaan valve head pada cylinder head akan membentuk cekung, sistem valve juga akan mengalami keausan yang tidak normal berbentuk lingkaran – lingkaran, stem valve juga mengalami keausan yang tidak normal seperti berbentuk lingkaran yang bertingkat, merusak lapisan standby oli pada dinding *cylinder liner* akibatnya akan timbul gesekan sepanjang dinding silinder membetuk goresan sepanjang piston ring dan dinding *cylinder liner*. Pada mobil diesel filter berbeda sekali dengan mobil menggunakan bahan bakar bensin karena mesin diesel sangat bergantung pada suplai udara yang bersih, karena campuran bahan bakar dan udara langsung dicampur di ruang bakar pembakaran, karena itu filter udara harus selalu bersih agar menghasilkan performa yang maksimal juga.

Filter udara sudah dirancang dengan baik untuk menyaring kotoran dengan baik filter udara yang *non- genuine* tampak lebih awet dan tahan lama ini di karena memberikan lubang yang besar agar performa mesin lebih baik daripada standart. Hal ini juga mengorbankan beberapa partikel dapat terserap masuk juga dalam mesin.

Filter udara dapat terbagi menjadi dua bagian yaitu bagian dalam dan bagian luar, bagian dalam filter tidak boleh di bersihkan sedangkan pada bagian luar dapat dibersihkan secara periodik dengan maksimal pembersihan selama 6 kali setelah itu ganti dengan yang baru. Lingkungan di Indonesia tidak cocok dengan filter *non-genuine* seperti ini di karenakan Indonesia penuh dengan polusi debu kotoran partikel yang dapat membuat mesin rusak, di luar negri udara jauh lebih bersih sehingga cocok dengan filter udara yang sudah di modifikasi.

2.3.2. Aliran Filter Udara

Filter udara memiliki beberapa tipe aliran :

- a) Pasokan udara dari samping mesin dan keluar di tengah dekat dengan sistem pembakaran
- b) Pasokan udara dari tengah dan keluar melalui samping

Jenis air filter berdasarkan seriesnya

- a) *Single stage*
Digunakan untuk daerah dengan kondisi debu ringan, alat yang memakai relatif kecil (truck, genset)
- b) *Double stage* terdiri atas *primary* dan *safety filter*, digunakan pada daerah dengan kondisi debu sedang sampai berat
- c) *Heavy duty double stage*
Digunakan pada daerah yang sangat berdebu. Pada filter jenis ini, sebelum udara masuk dan disaring oleh filter, terlebih dahulu mengalir melalui *pre cleaner*.

2.3.3. Data Test yang Diperlukan

- 1. *Ventilation Resistance (restriction)* untuk mengetahui selisih tekanan udara antara udara luar (sebelum disaring) dan udara yang masuk (setelah disaring).

2. *Purifier efficiency* untuk mengetahui persentasi debu yang tersaring oleh filter.
3. *Dust holding* untuk mengetahui kemampuan filter menahan debu yang masuk dalam gram.
4. *Leakage* untuk mengetahui ada tidaknya kebocoran pada sisi bawah dan seal permukaan filter.
5. *Breakage and crush* untuk mengetahui ada tidaknya kerusakan fisik pada filter.
6. *Maintenance test* untuk mengetahui ketahanan gasket dan bahan filter (dalam kaitannya bila filter dilepas dan dipasang berulang kali).

2.3.4. Effisiensi Filter Udara

Quality filter hal terpenting yang harus dimiliki sebuah filter udara adalah harus mampu menjaga engine dari kotoran debu yang dapat masuk. *Service live* adalah kemampuan filter untuk menahan debu dalam batas waktu tertentu. Effisiensi filter udara digunakan untuk menghitung berapa persen dari debu yang tersaring oleh filter. Hal ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan filter menghadapi kondisi ekstrem di dunia nyata, berikut cara perhitungan effisiensi filter (ISO 5011, *Second Edition Performance Testing: Inlet Air Cleaning Equipment for Combustion Engines & Compressors*).

$$\text{Filter Efficiency} = \frac{X}{Y} \times 100\% \quad (2.1)$$

X = Berat sesudah terkena debu (grams)

Y = Berat sebelum terkena debu (grams)

2.4 Alat Uji Filter Udara

2.4.1. Mencari Referensi Alat Uji Filter Udara

Mencari referensi desain untuk pembuatan alat uji filter udara diperlukan sebagai sarana penunjang pada penelitian filter udara, ini dikarenakan adanya keterbatasan alat uji. Ketika proses pencarian telah ditemukan bahwa dibutuhkan

adanya *test filter housing*, *contraction cone*, *diffuser*, *dust feeder*, dan *centrifugal blower* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2.32. Dengan ini, pembuatan alat uji filter udara dapat dilaksanakan dengan membuat alat uji sederhana menggunakan *solidworks*.

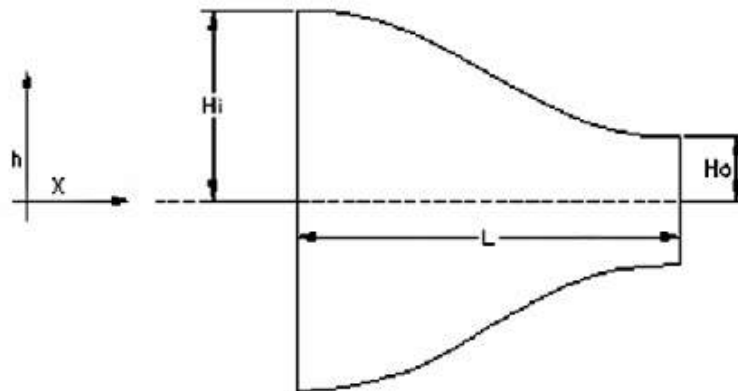


Gambar 2.32 Air Filter Testing Machine.

Sumber: <http://www.filter-manufacturing.com/testrig.jpg>

2.4.2. Perhitungan Contraction Cone

Pada bagian contraction cone, peneliti menggunakan persamaan (Bell and Metha, 1988). Contraction ratio yang biasa digunakan adalah antara $4^0 - 9^0$ (Metha and Bradshaw, 1979).



Gambar 2.33 Geometri Contraction Cone

Sumber:

<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19880012661.pdf>.

Retrieved 18 Mei 2017.

Untuk menghitung profil dinding *contraction cone*, menggunakan persamaan (Bell and Metha, 1988) :

$$H_{th} = [-10 (\zeta^3) + 15 (\zeta^4) - 6 (\zeta^5)] (H_i - H_o) + H_i \quad (2.2)$$

H_{th} = Profil dinding contraction cone (mm)

H_i = Tinggi mulut luar contraction cone (mm)

H_o = Tinggi mulut dalam contraction cone (mm)

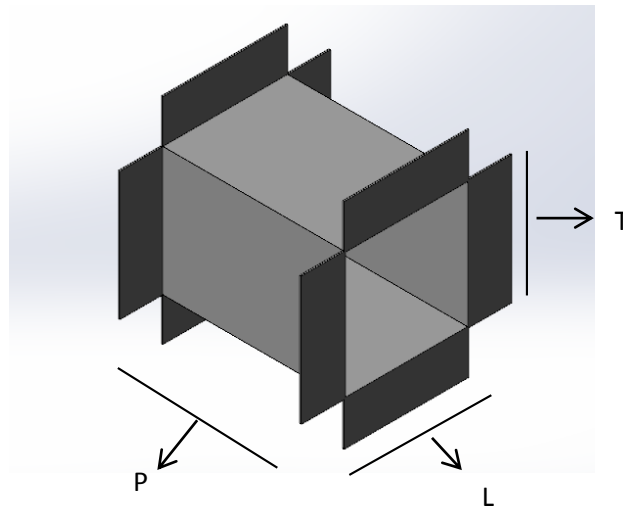
ζ = Jarak tiap dinding contraction cone (mm)

$$\zeta = \frac{X}{L} \quad (2.3)$$

X = Jarak tiap profil dinding (mm)

L = Panjang contraction cone (mm)

2.4.3. Perhitungan Test Section



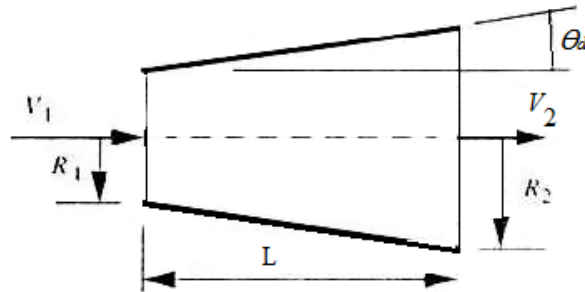
Gambar 2.34 Test Section

Pada bagian *Test Section*, dibuat seukuran dengan penampang filter udara, 170 mm x 175 mm. pembuatan panjang dari ukuran *Test Section* sebaiknya lebih dari 1,5 kali ukuran lebar *test section* (singh dkk, 2013).

$$\text{Panjang } Test\ Section = 1,5 \times L_{\text{test section}} \quad (2.4)$$

2.4.4 Perhitungan Difuser

Besar penampang masuk harus disesuaikan dengan *Test Section*, besar penampang keluar menyesuaikan dengan mulut blower hisap yang akan dipakai.



Gambar 2.35. Geometri *Diffuser*

Sumber :

<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19880012661.pdf>.

Retrieved 18 Mei 2017.

Peneliti harus menentukan perancangan dari *diffuser*, sebagai berikut

$$A_1 = P \times T$$

P = Panjang filter udara (mm)

T = Tinggi filter udara (mm)

$$A_2 = \pi/4 \cdot (D \text{ mulut blower})^2$$

$$\pi = 3,14$$

D = Diameter mulut blower yang dipakai

$$A_g = \frac{A_2}{A_1}$$

A₁ = Luas penampang *Test Section* (m²)

$A_2 =$ Luas penampang pada diameter blower (m^2)

Menghitung panjang *diffuser*, sudut *diffuser* yang dipakai tidak boleh lebih dari 5° , maka diambil sudut perancangan 5° , sehingga besarnya sudut *diffuser*.

Menggunakan rumus :

$$L_{dif} = \left\{ \frac{R_2 - R_1}{\tan \theta_c} \right\} \quad (2.5)$$

$R_2 =$ Test Section (mm)

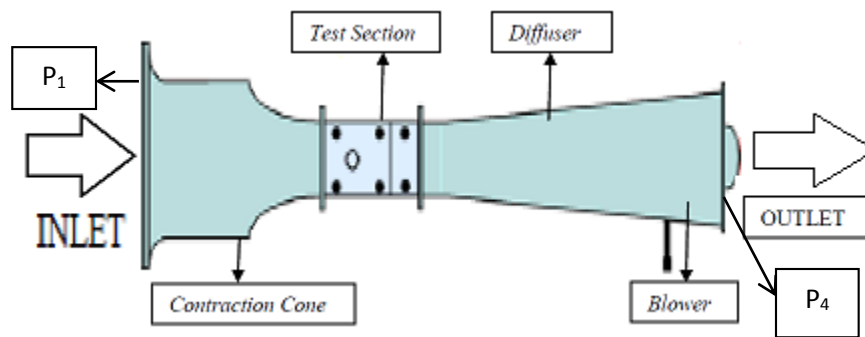
$$R_2 = \frac{\text{Diameter mulut blower}}{2}$$

$R_1 =$ Diameter mulut blower (mm)

$$R_1 = \frac{T \text{ test section}}{2}$$

2.4.5. Perhitungan Daya Blower

Pada bagian perhitungan untuk mengetahui daya blower hisap, peneliti harus mengukur kecepatan hisap pada saat di intake menggunakan anemometer sehingga kecepatan hisap actual pada RPM tertentu dapat diketahui. Tekanan pada titik P_4 dan P_1 dianggap sama, seperti yang terlihat. Setelah peneliti melakukan pengukuran menggunakan anemometer dengan ini kita dapat mencari laju aliran massa pada intake mobil, dengan rumus :



Gambar 2.36. Instalasi Ducting

$$\dot{m} = \rho \cdot v \cdot A \quad (2.6)$$

ρ_{air} = Massa jenis udara (kg/m^3)

V = Kecepatan hisap pada intake (m/s)

A = Luas penampang intake mobil (m²)

Menghitung kecepatan pada titik 1, dengan rumus :

$$\dot{m} = \rho_{\text{air}} \cdot v_1 \cdot A \quad (2.7)$$

ρ_{air} = Massa jenis udara (kg/m³)

\dot{m} = Laju aliran massa pada intake mobil (kg/s)

A = Luas penampang *contraction cone* (m²)

V₁ = Kecepatan pada *contraction cone* (m/s)

Menghitung kecepatan pada titik 4, dengan rumus :

$$\dot{m} = \rho_{\text{air}} \cdot v_4 \cdot A \quad (2.8)$$

\dot{m} = Laju aliran massa pada intake mobil (kg/s)

ρ_{air} = Massa Jenis udara (kg/m³)

A = Diameter mulut blower (m²)

V₄ = Kecepatan pada *diffuser* (m/s)

Untuk mencari *Head Blower*, pertama peneliti mencari data *preassure drop* dari filter K&N dalam kPa kemudian dikonversikan Pa. Untuk mencari *Head Blower* menggunakan rumus :

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + \text{HB} = \frac{P_4}{\gamma} + \frac{v_4^2}{2g} + \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} \quad (2.9)$$

P₁ = Tekanan pada titik 1 (Pa)

P_4 = Tekanan pada titik 4 (Pa)

V_1 = Kecepatan pada titik 1 (m/s)

V_4 = Kecepatan pada titik 4 (m/s)

g = Kecepatan gravitasi (m/s^2)

ρ_{air} = Massa jenis udara (kg/m^3)

γ = Berat jenis udara (N/m^3)

Δp = *preassure drop* (Pa)

HB = *Head Blower* (m)

Setelah menghitung *Head Blower*, langkah selanjutnya mengubah nilai dari *Head blower* tersebut menjadi satuan Watt dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P \text{ (Watt)} = \dot{m} \cdot g \cdot HB \quad (2.10)$$

\dot{m} = Laju aliran massa pada intake mobil (kg/s)

g = Kecepatan gravitasi (m/s^2)

HB = *Head Blower* (m)

2.5 SERABUT KELAPA

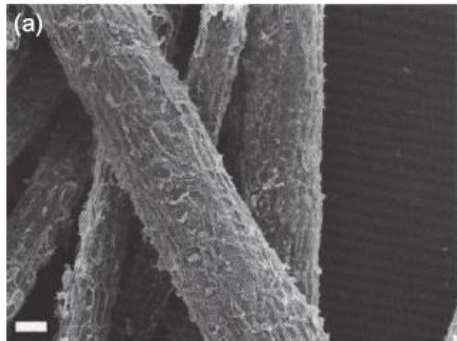
Sabut kelapa adalah serat yang diambil dari penutup luar yang berserat dari buah kelapa dan merupakan tanaman asli daerah tropis. Sabut juga dianggap sebagai serat biji, meskipun penampilannya serupa dengan serat dari kulit pohon dengan selulosa (sekitar 44%), lignin (45%), pektin dan senyawa terkait (3%), serta air (5%). Dengan kandungan lignin yang lebih tinggi membuat serat lebih keras dan kaku.

Penampang membujur dan penampang melintang dari serat sabut kelapa ditunjukkan pada Gambar 2.37 (a) dan (b). Pada gambar serat menunjukkan ada

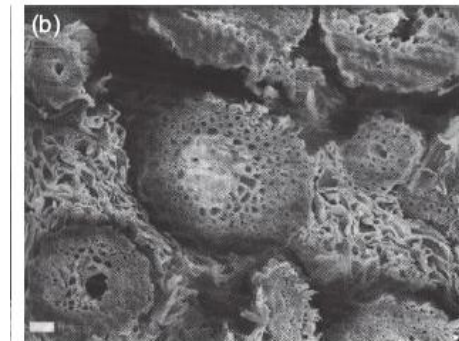
banyak rongga di dalam serat, dan kira-kira sepertiga dari sebagian besar serat diisi oleh udara. udara yang terperangkap ini menimbulkan ketahanan dari serat, membuat terapung di air, dan meningkatkan waktu yang dibutuhkan untuk air agar dapat menembus serat.

Sifat sabut kelapa adalah kurang dapat dipengaruhi oleh kondisi basah dibanding serat keras lainnya. Ketebalan serat sabut kelapa membatasi produk yang dapat dibuat oleh sabut menjadi kasar dan berat.

Kekuatan sabut kelapa tidak tinggi, hanya sekitar 1 cN / dtex, tetapi nilai elongasi lebih tinggi dibandingkan dengan serat nabati lainnya, hingga 15-40%; juga kurang rentan terhadap keriput dan rusak karena rongga berisi udara. Sabut kelapa dapat menahan paparan semua jenis cuaca, sehingga serat praktis untuk digunakan di luar ruangan.



(a) Penampang Melintang dari Serabut Kelapa



(b) Penampang Membujur dari Serabut Kelapa

Gambar 2.37. Penampang dari Serabut Kelapa

2.5.1 Kandungan Serabut Kelapa

Serabut kelapa merupakan bagian yang cukup besar dari sebuah kelapa, yaitu sekitar 35% dari berat keseluruhan buah. Serabut kelapa terdiri dari serat dan gabus yang menghubungkan satu serat dengan serat lainnya. Serat adalah bagian berharga dari serabut kelapa. Setiap butir kelapa mengandung serat 525 gram (75% dari serabut), dan gabus 175 gram (25% dari serabut kelapa).

Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, pyroligneous acid, gas, arang, tannin, dan potasium. Dilihat sifat fisiknya sabut kelapa terdiri dari:

- a) Seratnya terdiri dari serat kasar dan halus dan tidak kaku.
- b) Mutu serat ditentukan dari warna dan ketebalan.
- c) Mengandung unsur kayu seperti lignin, tannin dan zat lilin.

Selama ini pemanfaatan serabut kelapa hanya digunakan untuk industri rumah tangga skala kecil. Misalnya bahan pembuatan sapu, tali, keset dan alat-alat rumah tangga lainnya.

2.5.2 Pengolahan Limbah Serabut Kelapa

Dekortikasi cara ekstraksi serat daun dapat dilakukan dengan peralatan yang disebut mesin dekortikator, prosesnya disebut dengan dekortikasi. Proses dekortikasi terdiri dari beberapa tahap :

- a) Proses pemukulan (*beating action*)
- b) Proses pengelupasan dan penarikan (*crushing, beating and pullingaction*)

Untuk memudahkan pemisahan zat-zat yang ada disekitar serat dan menghindari kerusakan pada serat, proses dekortikasi sebaiknya dilakukan pada kondisi segar dan basah (*wet condition*). Daun-daun yang telah mengalami proses dekortikasi, kemudian dicuci, dikeringkan dan disisir.