

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN KAJIAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Observasi terhadap analisis pengaruh jenis bahan bakar terhadap unjuk kerja mesin serta mencari referensi yang memiliki relevansi terhadap judul penelitian. Berikut ini adalah beberapa referensi yang berkaitan dengan judul penelitian yaitu sebagai berikut :

1. Tugas akhir yang ditulis oleh Azhar Mardiansyah yang berjudul “Analisis Performa Mesin Menggunakan Bahan Bakar Premium Terhadap Daya Dan Torsi Pada Toyota Kijang Innova *Engine* 1TR-FE”. Tugas akhir ini membahas tentang analisis pengaruh premium terhadap daya dan torsi menggunakan alat *dyno test*.
2. Jurnal yang ditulis oleh Eri Sururi dan Budi Waluyo, S.T yang berjudul “Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Premium Dan Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Mesin Pada Sepeda Motor Suzuki Thunder Tipe En-125”. Pada jurnal ini membahas pengaruh bahan bakar terhadap unjuk kerja sepeda motor menggunakan *dyno test*.
3. Jurnal yang ditulis oleh Rapotan Saragih dan Djoko Sungkono Kawano yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar Premium, Pertamina, Pertamina Plus Dan Spiritus Terhadap Unjuk Kerja Engine Genset 4 Langkah”. Dalam jurnal ini dibahas pengaruh bahan bakar terhadap unjuk kerja mesin menggunakan alat *electric dynamometer test*.

4. Skripsi yang ditulis oleh I Putu Dian Ardhana Putra yang berjudul “Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Gasohol Dan Premium Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Kandungan CO Gas Buang Pada Motor Yamaha Jupiter Th 2002”. Skripsi ini membahas tentang perbandingan penggunaan bahan bakar dengan cakupan analisa SFC serta emisi yang dihasilkan pada sepeda motor.

Dari beberapa tinjauan pustaka di atas secara keseluruhan mempunyai parameter yang hampir sama yaitu pengaruh jenis bahan bakar dengan unjuk kerja mesin. Akan tetapi memiliki perbedaan dalam penggunaan alat uji sebagai alat untuk mengambil data dari sampel percobaan. Pemanfaatan *port* OBD II untuk mendapatkan informasi dan data sebagai bahan analisis sebuah percobaan sangat jarang dilakukan.

2.2 Kajian Teori

2.2.1 Bahan Bakar

a. Asal Bahan Bakar

Menurut teori pembentukan minyak bumi, khususnya teori binatang Engler dan teori Tumbuh-tumbuhan, senyawa-senyawa organik penyusun minyak bumi merupakan hasil alamiah proses dekomposisi tumbuhan selama berjuta-juta tahun. Oleh karena itu minyak bumi juga dikenal sebagai bahan bakar fosil selain batubara dan gas alam. (Hofer:1966)

Semua bahan bakar dihasilkan oleh senyawa karbohidrat dengan rumus kimia $C_x(H_2O)_y$ yg menjadi fosil. Karbohidrat tersebut

dihasilkan oleh tumbuhan dengan mengubah energi matahari menjadi energi kimia melalui proses fotosintesis. Kebanyakan bahan bakar fosil diproduksi kira-kira 325 juta tahun yang lalu. Setelah tumbuhan mati, maka karbohidrat berubah menjadi senyawa hidrokarbon dengan rumus kimia C_xH_y akibat tekanan dan temperatur yang tinggi serta tidak tersedianya oksigen (aneorob).

Selain tersusun oleh komponen hidrokarbon, minyak bumi juga mengandung komponen non-hidrokarbon. Kandungan komponen senyawa hidrokarbon relatif lebih besar dari pada kandungan komponen senyawa nonhidrokarbon. Komponen non-hidrokarbon dapat berupa unsur-unsur logam atau yang sifatnya menyerupai logam, serta komponen organik lainnya yang bukan hidrokarbon, seperti belerang, nitrogen dan oksigen. Senyawa hidrokarbon merupakan senyawa organik yang terdiri atas hidrogen dan karbon, contohnya benzena, toluena, ethylbenzena dan isomer xylema.

Keberadaan hidrokarbon aromatik di dalam minyak bumi lebih sedikit dibandingkan dengan hidrokarbon parafin. Aromatik – aromatik murni adalah molekul – molekul yang hanya mengandung cincin dan rantai sederhana ialah benzena yang terdiri dari sebuah cincin dasar yang mengandung 6 atom karbon, dengan ikatan rangkap di antara setiap atom karbon lainnya sehingga terdapat 3 ikatan ganda dalam cincin dasar tersebut. Bila kedua cincin benzena

tersebut bergabung akan membentuk senyawa naftalen. Senyawa ini mempunyai rumus C_nH_{2n-6} untuk molekul cincin tunggal dan C_nH_{2n-12} untuk molekul cincin ganda dan beraroma. Dengan adanya proses kimia dan fisika, minyak bumi mentah dapat diubah menjadi berbagai produk, seperti bensin, terdiri dari hidrokarbon C_6 hingga C_{10} dari alkana rantai normal dan bercabang serta sikloalkana dan alkil benzen (Nugroho A : 2006).

Naftalen yang sebenarnya merupakan produk untuk menghilangkan bau busuk, anti jamur dan pencegah serangga ternyata juga memberikan dampak positif untuk peningkatan angka oktan dari bensin. Naftalen merupakan rangkaian hidrokarbon jenis aromatik bahkan dapat disebut polyaromatik dengan struktur kimia berbentuk cincin benzena yang bersekutu dalam satu ikatan atau dua orto lingkaran benzena dimana pada proses penggabungan tersebut kehilangan 2 atom C dan 4 atom H sehingga rumus kimianya menjadi $C_{10}H_8$.

Secara fisik naftalen merupakan zat yang berbentuk keping kristal mudah menguap dan menyublim serta tak berwarna umumnya berasal dari minyak bumi atau batu bara. Karena bentuk struktur kimia naftalen serta sifat kearomatisa tersebut maka naptalene seperti halnya benzene, mempunyai sifat anti *knock* yang baik. Oleh sebab itu penambahan naftalen pada benzin akan meningkatkan anti *knock* dari bensin tersebut (Raharjo T : 2009).

b. Jenis-Jenis Bahan Bakar untuk Mesin Otto

Banyak macam dan jenis bahan bakar baik dalam bentuk cair, padat, maupun gas yang masing-masing mempunyai nilai bakar yang berbeda. Bahan bakar yang umum digunakan oleh motor bakar antara lain, bensin, solar, BBG (bahan bakar gas), bensol, dan lain-lain. Bahan bakar yang berbentuk cair paling populer adalah bahan bakar minyak (BBM) atau yang biasa disebut adalah bensin.

1. Premium

Premium adalah bensin yang telah diberi TEL (*tetra ethyl lead*) dan bernilai oktan 88, premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih, premium mempunyai sifat anti ketukan yang baik dan dapat dipakai pada mesin dengan batas kompresi hingga 9,0 : 1 pada semua jenis kondisi, namun tidak baik jika digunakan pada motor bensin dengan kompresi tinggi karena dapat menyebabkan *knocking*.

2. Peralite

Peralite adalah bahan bakar minyak terbaru dari Pertamina dengan RON 90. Peralite dihasilkan dengan penambahan zat aditif dalam proses pengolahannya di kilang minyak. Peralite diluncurkan tanggal 24 Juli 2015 sebagai varian baru bagi konsumen yang menginginkan BBM dengan kualitas di atas Premium, tetapi dengan harga yang lebih murah daripada

Pertamax, bahan bakar jenis ini menjadi penengah antara Premium dan Pertamax. Peralite memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan Premium. Peralite direkomendasikan untuk kendaraan yang memiliki kompresi 9,1 :1 -10,1 : 1 dan mobil keluaran tahun 2000 ke atas, terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan *Electronic Fuel Injection* (EFI) dan *catalytic converters* (pengubah katalitik). Selain itu, RON 90 membuat pembakaran pada mesin kendaraan dengan teknologi terkini lebih baik dibandingkan dengan Premium yang memiliki RON 88.

3. Pertamax

Pertamax adalah *motor gasoline* tanpa timbal dengan kandungan aditif lengkap generasi mutakhir yang dapat membersihkan *Intake Valve Port Fuel Injector* dan ruang bakar dari karbon deposit. Pertamax mempunyai RON 92 (*Research Octane Number*) yang dianjurkan juga untuk kendaraan berbahan bakar bensin dengan perbandingan kompresi tinggi. Diketahui bahwa karena kadar oktan yang terkandung dalam pertamax lebih tinggi dibandingkan premium, mengakibatkan produk bensin super ini dapat memberikan prestasi mesin yang lebih bagus dan perawatan mesin lebih baik dibanding menggunakan premium. Pertamax memiliki nilai oktan 92 dengan stabilitas oksidasi yang tinggi dan kandungan olefin, aromatic dan benzene-nya pada

level yang rendah sehingga menghasilkan pembakaran yang lebih sempurna pada mesin. Pertamina direkomendasikan untuk kendaraan yang memiliki kompresi 9,1 : 1 - 10,1 : 1. (Eri Sururi dan Budi Waluyo, ST : 3)

4. Pertamina Turbo

Pertamax turbo merupakan bahan bakar yang belum lama diluncurkan oleh Pertamina pada tanggal 11 Agustus 2016 sebagai pengganti Pertamina Plus. Pertamina Turbo memiliki RON 98 dan cocok untuk kendaraan dengan kompresi diatas 10,1 : 1. Cocok untuk kendaraan dengan teknologi *Turbocharger* dan *Direct Injection*.

2.2.2 Motor Bakar

a. Dasar Motor Bakar

Sumber dari luar yang menghasilkan tenaga disebut mesin. Mesin merupakan alat yang merubah sumber tenaga panas, listrik, air, angin, tenaga atom, atau sumber tenaga lainnya menjadi tenaga mekanik (*mechanical energy*). Mesin merubah tenaga panas menjadi tenaga mekanik disebut motor bakar (*Thermal engine*). Motor bakar ada beberapa macam. Mesin bensin, mesin diesel, mesin turbin dan lain-lainnya, yang menghasilkan tenaga panas yang dihasilkan dari dalam mesin itu sendiri , disebut motor pembakar dalam (*internal combustion engine*). Sebagai contohnya, mesin bensin, mesin diesel,

mesin turbin. Tenaga panas yang dihasilkan di luar dari mesin itu sendiri disebut motor pembakaran luar (*external combustion engine*). Contohnya mesin uap, mesin nuklir turbin, mesin nuklir. (New Step 1, 1995,3-1)

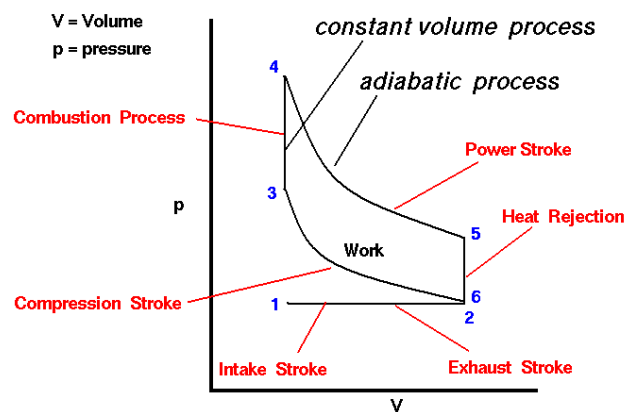
Keuntungan dari mesin pembakaran dalam dibandingkan dengan mesin pembakaran luar adalah konstruksinya lebih sederhana, tidak memerlukan fluida kerja yang banyak dan efesien totalnya lebih tinggi. Sedangkan mesin pembakaran luar keuntungannya adalah bahan bakar yang digunakan lebih beragam, mulai dari bahan bakar padat sampai bahan bakar gas, sehingga mesin pembakaran luar banyak dipakai untuk keluaran daya yang besar dengan bahan bakar murah. Pembangkit tenaga listrik banyak menggunakan mesin uap. Untuk kendaraan transpot mesin uap tidak banyak dipakai dengan pertimbangan konstruksinya yang besar dan memerlukan fluida kerja yang banyak (Winarno dan Karnowo, 2008 : 65)

b. Siklus Teoritis Motor Bensin

Menurut Ir. Hardi Gunawan, MASc dkk (dalam Pudjanarsa, Nursuhud, 2006) Siklus termodinamika adalah serangkaian perubahan keadaan berturut-turut yang dialami oleh sejumlah gas, sehingga dapat kembali ke keadaan semula baik tekanan volume maupun temperaturnya. Untuk motor bensin digunakan siklus Otto

(*Otto Cycle*) di mana proses pemasukan kalor berlangsung pada volume konstan. Beberapa asumsi yang digunakan adalah:

1. Kompresi berlangsung isentropis.
2. Pemasukan kalor pada volume konstan dan tidak memerlukan waktu.
3. Ekspansi isentropis.
4. Pembuangan kalor pada volume konstan.
5. Fluida kerja adalah udara dengan sifat gas ideal dan selama proses panas jenis konstan.



Gambar 2.1 Diagram P-V Siklus Otto Ideal (www.grc.nasa.gov)

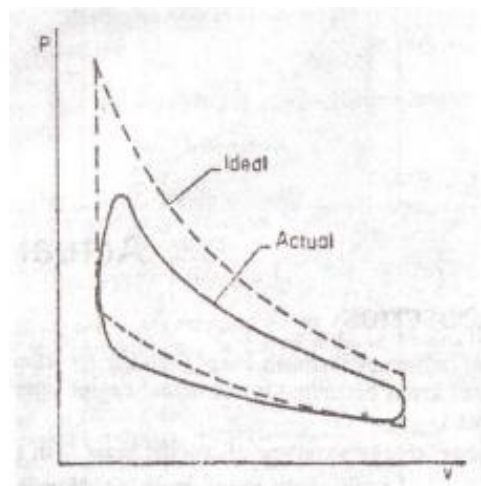
c. Siklus Aktual Motor Bensin

Menurut Ir. Hardi Gunawan, MASc dkk (dalam Pudjanarsa, Nursuhud, 2006) Efisiensi siklus aktual adalah jauh lebih rendah dari

efisiensi siklus teoritis karena berbagai kerugian yang terjadi dalam operasi mesin. Kerugian-kerugian itu antara lain:

1. Kerugian karena variasi panas jenis terhadap temperatur
2. Kerugian kesetimbangan kimia atau kerugian disosiasi
3. Kerugian waktu pembakaran
4. Kerugian karena pembakaran tidak sempurna
5. Kerugian perpindahan panas langsung
6. Kerugian *Exhaust Blowdown*
7. Kerugian pemompaan

Dalam diagram p-V, perbedaan antara siklus teoritis dan siklus aktual dapat ditunjukkan pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Perbandingan siklus teoritis dan siklus aktual Otto (Ir.

Hardi Gunawan, MASc dkk :3)

d. Prinsip Kerja Mesin Bensin 4 Tak

Pada motor bensin 4 Tak adalah motor bensin yang dalam satu siklus memerlukan 4 langkah kerja, yaitu langkah hisap (*intake*), langkah kompresi (*Compression*), langkah kerja (*combustion*), dan langkah buang (*exhaust*).

1. Langkah hisap (*intake*)

Dimulai pada saat torak mencapai TMA (Titik Mati Atas) dan katup isap dalam keadaan terbuka sesaat sebelum TMA, kemudian torak bergerak ke bawah. Di dalam ruang bakar terjadi perbedaan tekanan dengan tekanan di luar ruang bakar sehingga campuran udara dan bahan bakar tersedot kedalam ruang bakar. (I Putu Dian Ardhana Putra : 2009: 7)

2. Langkah kompresi (*compression*)

Torak mulai bergerak keatas dan katup isap dalam keadaan tertutup. Torak bergerak dari TMB menuju TMA. Campuran udara dan bahan bakar dikompresi sehingga campurannya menjadi lebih homogen proses ini menyebabkan temperatur dan tekanan didalam silinder naik. (I Putu Dian Ardhana Putra:2009: 7)

3. Langkah kerja (*combustion*)

Pada langkah ini terjadi pembakaran campuran udara dan bahan bakar oleh percikan bunga api dari busi, yaitu pada waktu torak beberapa saat sebelum mencapai TMA busi memercikan bunga api sehingga campuran tersebut terbakar oleh percikan bunga api dan menggerakkan torak dari TMA menuju TMB. Gerakan torak tersebut memutar poros engkol dengan perantara batang penggerak. Terjadi transfer energi dari gerakan linear menjadi rotasi, maka dapat dikatakan gas menghasilkan usaha. (I Putu Dian Ardhana Putra: 2009: 8)

4. Langkah buang (*exhaust*)

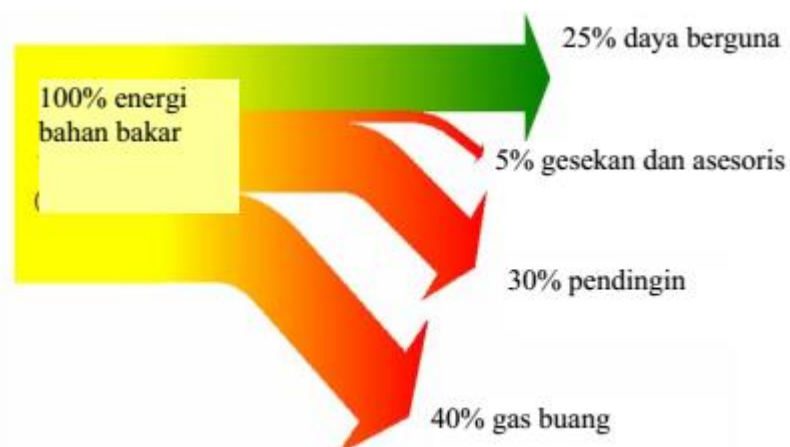
Posisi katup buang dalam keadaan terbuka dan katup isap tertutup sedangkan torak bergerak dari TMB menuju TMA. Pada akhir ekspansi tekanan gas dalam silinder masih lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Karena itu, begitu katup buang terbuka gas segera mengalir dari dalam silinder keluar melalui saluran buang selanjutnya gerakan torak ke TMA ikut membantu mendorong gas sisa dari dalam silinder. (I Putu Dian Ardhana Putra: 2009: 9)

e. Prestasi Mesin

Motor bakar adalah suatu mesin yang mengkonversi energi dari energi kimia yang terkandung pada bahan bakar menjadi energi mekanik pada poros motor bakar. Jadi daya yang berguna akan

langsung dimanfaatkan sebagai penggerak adalah daya pada poros. Proses perubahan energi dari mulai proses pembakaran sampai menghasilkan daya pada poros motor bakar melewati beberapa tahapan dan tidak mungkin perubahannya 100%. Selalu ada kerugian yang dihasilkan dari selama proses perubahan, hal ini sesuai dengan hukum termodinamika kedua yaitu "tidak mungkin membuat sebuah mesin yang mengubah semua panas atau energi yang masuk menjadi kerja". Jadi selalu ada "keterbatasan" dan "keefektifitasan" dalam proses perubahan, ukuran inilah yang dinamakan efisiensi.(Basyirun dkk: 2008: 23)

Kemampuan mesin motor bakar untuk merubah energi yang masuk yaitu bahan bakar sehingga menghasilkan daya berguna disebut kemampuan mesin atau prestasi mesin. Pada gambar 2.3 adalah penggambaran proses perubahan energi bahan bakar.



Gambar 2.3 Keseimbangan energi pada motor bakar (Basyirun dkk:2008: 23)

Pada motor bakar tidak mungkin mengubah semua energi bahan bakar menjadi daya berguna. Dari gambar terlihat daya berguna bagiannya hanya 25% yang artinya mesin hanya mampu menghasilkan 25% daya berguna yang bisa dipakai sebagai penggerak dari 100% bahan bakar. Energi yang lainnya dipakai untuk menggerakkan asesoris atau peralatan bantu, kerugian gesekan dan sebagian terbuang ke lingkungan sebagai panas gas buang dan melalui air pendingin. (Basyirun dkk: 2008: 23)

1. Torsi

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja yakni menggerakkan atau memindahkan mobil atau motor dari kondisi diam hingga berjalan. Untuk itu torsi berkaitan dengan akselerasi dan putaran bawah mesin (Nurliansyah, dkk, 2014 : 4).

Torsi adalah ukuran kemampuan mesin untuk melakukan kerja, jadi torsi adalah suatu energi. Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya. Adapun perumusan dari torsi adalah sebagai berikut. Apabila suatu benda berputar dan mempunyai besar gaya sentrifugal sebesar F , benda berputar pada porosnya dengan jari jari sebagai b , dengan data tersebut torsinya adalah (Basyirun dkk: 2008: 23)

$$T = F \times b \text{ (N.m) } \dots \dots \dots (2.1)$$

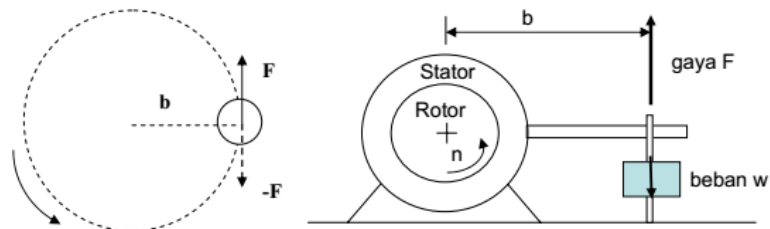
Dengan :

T = Torsi benda berputar (N.m)

F= gaya sentrifugal dari benda yang berputar (N)

b= jarak benda ke pusat rotasi (m)

Karena adanya torsi inilah yang menyebabkan benda berputar terhadap porosnya, dan benda akan berhenti apabila ada usaha melawan torsi dengan besar sama dengan arah yang berlawanan. (Basyirun dkk:2008: 23)



Gambar 2.4 Skema Pengukuran Torsi (Basyirun dkk: 2008: 11)

2. Daya

Pada motor bakar, daya dihasilkan dari proses pembakaran didalam silinder dan biasanya disebut dengan daya indiaktor. Daya tersebut dikenakan pada torak yang bekerja bolak balik di dalam silinder mesin. Jadi di dalam silinder mesin, terjadi

perubahan energi dari energi kimia bahan bakar dengan proses pembakaran menjadi energi mekanik pada torak. (Basyirun dkk:2008: 25)

Daya indikator adalah merupakan sumber tenaga persatuan waktu operasi mesin untuk mengatasi semua beban mesin. Mesin selama bekerja mempunyai komponen-komponen yang saling berkaitan satu dengan lainnya membentuk kesatuan yang kompak. Komponen-komponen mesin juga merupakan beban yang harus diatasi daya indikator. Sebagai contoh pompa air untuk sistim pendingin, pompa pelumas untuk sistem pelumasan, kipas radiator, dan lain lain, komponen ini biasa disebut asesoris mesin. Asesoris ini dianggap parasit bagi mesin karena mengambil daya dari daya indikator. (Basyirun dkk:2008: 25)

Disamping komponen-komponen mesin yang menjadi beban, kerugian karena gesekan antar komponen pada mesin juga merupakan parasit bagi mesin, dengan alasan yang sama dengan asesoris mesin yaitu mengambil daya indikator. Untuk lebih mudah pemahaman dibawah ini dalah perumusan dari masing masing daya. Satuan daya menggunakan HP(*horse power*) (Basyirun dkk: 2008: 25)

$$N_e = N_i - (N_g + N_a)(HP) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan :

N_e = daya efektif atau daya poros (HP)

N_i = daya indikator (HP)

N_g = kerugian daya gesek (HP)

N_a = kerugian daya asesoris (HP)

dengan :

$$P = n.T \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

P = daya (watt)

$$n = \text{putaran} \left(\frac{1}{\text{sekon}} \right)$$

T = waktu (detik)

Untuk dapat menghitung tenaga (*power*) dan torsi mesin digunakan alat dynamometer. Pada dynamometer chassis untuk pengukuran tenaga dan torsi memanfaatkan putaran roda yang memutar roller pada dynamometer chassis (alat dyno). Pengukuran dilakukan terhadap torsi roller dan RPM roller kemudian dihitung secara otomatis oleh software. Adapun untuk menghitung *power* dari mesin menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{HP (Roller)} = \frac{(\text{torsi roller } \left(\frac{\text{lbs}}{\text{ft}}\right) * \text{RPM Roller}}{5252} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$\text{kW(Roller)} = \frac{(\text{torsi roller (Nm)} * \text{RPM Roller})}{9543} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan rumus di atas dapat diambil data *power* dan torsi dari sebuah kendaraan. Daya (*power*) dan torsi mesin yang dihitung merupakan daya (*power*) dan torsi dari roda kendaraan setelah mengalami *engine lose* pada transmisi, kopling, dan diferensial.

f. Detonasi

Pembakaran tidak sempurna terjadi karena sebagian campuran bahan bakar mengalami penyalaan sendiri yang biasanya tidak disebabkan oleh percikan bunga api dari busi. Hal ini dikarenakan temperatur campuran bahan bakar udara terlalu tinggi yang salah satunya disebabkan hasil dari langkah kompresi, hingga mencapai titik nyalanya, sehingga menyebabkan campuran tersebut akan menyala dengan sendirinya. Ataupun titik panas pada permukaan ruang bakar yang menimbulkan percikan api dengan sendirinya baik sebelum ataupun sesudah penyalaan. Peristiwa ini biasa disebut dengan detonasi.

Pada motor bakar bensin dikenal dua macam detonasi, sebagai berikut:

1. Detonasi karena campuran bahan bakar menyala sebelum busi mengeluarkan nyala api. Hal ini disebabkan karena adanya kotoran-kotoran arang yang tertimbun pada dinding silinder dan kepala piston yang menyala terus menerus. Disamping itu juga bisa disebabkan oleh adanya tekanan kompresi yang terlalu besar, sehingga menyebabkan kenaikan temperatur yang mencapai titik nyala campuran bahan bakar dan udara tersebut.
2. Detonasi yang disebabkan karena kecepatan pembakaran disekitar busi yang terlalu tinggi, hingga pada proses ekspansi, sisa bahan bakar yang belum terbakar akan termampatkan, temperaturnya sangat tinggi sampai sisa tersebut seluruhnya terbakar dengan sendirinya. Akibat dari detonasi ini maka massa gas dalam silinder akan bergetar hingga terjadi tekanan-tekanan setempat yang lebih tinggi dari biasanya. Hal ini terjadi karena proses pembakaran yang tidak normal menimbulkan gelombang tekanan yang berbenturan dengan gelombang tekanan yang terjadi akibat pembakaran yang berjalan normal (akibat percikan api dari busi semata). Kejadian ini terjadi disertai dengan suara pukulan pada dinding ruang bakar, hingga terdengar suara ketukan logam (*knocking*).

Knocking yang berat akan menyebabkan kerusakan pada komponen mesin, terutama pada kepala piston. Faktor-faktor yang menyebabkan terlalu tingginya temperatur campuran bahan bakar dan udara, sehingga menimbulkan detonasi adalah sebagai berikut:

- a) Nilai oktan (*octane number*) dari bahan bakar yang terlalu rendah.
- b) Waktu pengapian yang terlalu cepat.
- c) Busi terlalu panas.
- d) Temperatur nyala bahan bakar
- e) Sistem pendinginan dinding silinder ruang bakar kurang baik
- f) Terjadinya pembesaran perbandingan kompresi

2.2.3 Mesin Bensin dengan Sistem EFI (*Electronic Fuel Injection*)

a. Perkembangan EFI

EFI (*Electronic Fuel Injection*) adalah suatu sistem penyemprotan bahan bakar yang dalam kerjanya dikontrol oleh ECU (*Engine Control Unit*) agar didapatkan nilai campuran udara dan bahan bakar sesuai dengan kebutuhan motor bakar, sehingga didapatkan daya motor yang optimal dengan pemakaian bahan bakar yang minimal serta mempunyai gas buang yang ramah lingkungan. EFI dipakai oleh merk Toyota, sedangkan merk lain mempunyai nama yang berbeda, yakni ; PGMFI/Honda (Programed Fuel

Injection), EPI/Suzuki (Electronic Petrol Injection), EGI/Mazda (Electronic Gasoline Injection), Jetronik (Bosch), Multec/General Motor (Multi Technology) dan lain-lain akan tetapi prinsip dari semua sistim tersebut adalah sama.

Sistim EFI menentukan jumlah bahan bakar yang optimal disesuaikan dengan jumlah dan temperatur udara yang masuk, kecepatan mesin, temperatur mesin, posisi *throttle valve*, pengembunan oksigen, di dalam *exhaust manifold*, dll. ECU (*Engine Control Unit*) mengatur jumlah bahan bakar untuk dikirim kemesin pada saat penginjeksian dengan perbandingan udara dan bahan bakar yang optimal berdasarkan kepada karakteristik kerja mesin. Sistim EFI menjamin perbandingan yang ideal dan efisiensi bahan bakar.

b. Prinsip kerja Mesin EFI

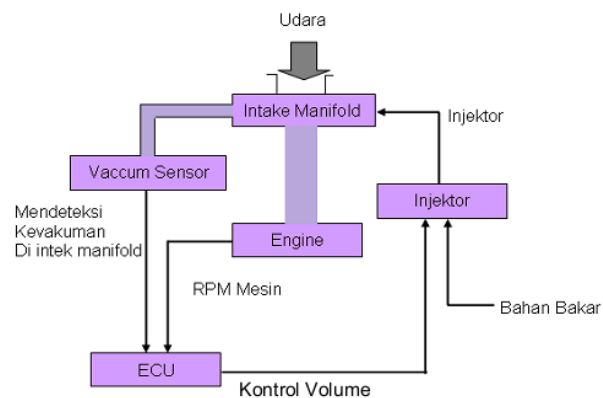
Sistim yang digunakan pada *electronic fuel injection* (EFI) terbagi atas sensor-sensor dan aktuator. Sensor-sensor merupakan informan atau pemberi informasi tentang kondisi-kondisi yang berkaitan dengan penentuan jumlah bahan bakar yang harus diinjeksikan. Pemberian informasi dapat berupa sinyal analog ataupun digital. Sensor-sensor yang mengirim informasi dalam bentuk analog seperti misalnya TPS (*Throttle Position Sensor* dan *mass air flow*). Sedangkan aktuator merupakan bagian/komponen yang akan diperintah oleh ECU dan perintah dapat berupa analog

ataupun digital. Pemberian perintah berupa analog diberikan pada pompa bensin elektrik dan lampu *engine* kontrol. Sedangkan pemberian perintah berupa sinyal digital diberikan pada injektor, koil pengapian, pengatur *idle* dll.

c. Macam-Macam EFI

1. EFI Tipe D

EFI jenis ini pengukuran udara masuk yang menuju ke *intake manifold* menggunakan *vaccum* sensor, dimana besar kecilnya tekanan didalam *intake manifold* dijadikan informasi ke ECU sebagai salah satu penentu banyak sedikitnya bahan bakar yang akan diinjeksikan.

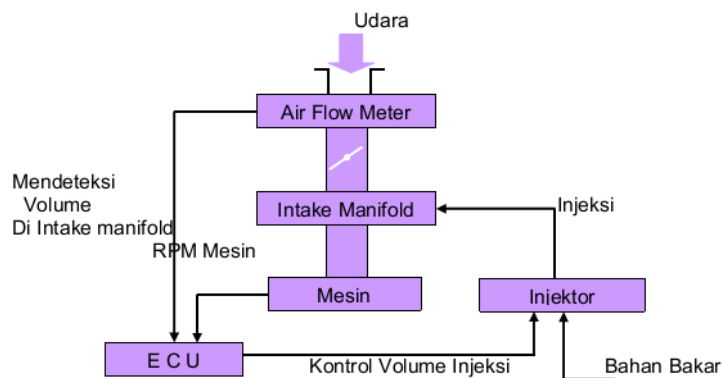


Gambar 2.5 Skema EFI Tipe D (Ruswid:2008:5)

2. EFI Tipe L

Pada EFI jenis L jumlah udara yang masuk ke dalam intake manifold diukur banyak sedikitnya dengan menggunakan *air flow meter* dan besarnya volume udara dijadikan informasi ke

ECU sebagai salah satu penentu banyak sedikitnya bahan bakar yang akan diinjeksikan.

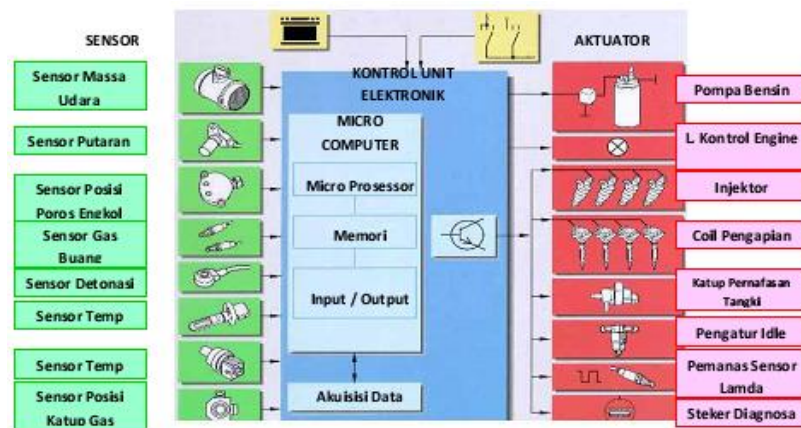


Gambar 2.6 Skema EFI Tipe L (Ruswid:2008:6)

d. Komponen Pada Sistem EFI

1. Aliran Bahan Bakar EMS (*Electronic Management System*)

Sistem bahan bakar adalah sebuah sistem untuk menyediakan bahan bakar sesuai dengan kebutuhan mesin untuk pembakaran. Bahan bakar mengalir dari tangki dihisap oleh pompa bahan bakar lalu dikirim ke *delivery* melalui saringan bahan bakar. Bahan bakar yang dikirim dari *delivery* akan diinjeksikan ke dalam *intake manifold* oleh injektor disetiap silinder sesuai dengan sinyal yang diterima oleh ECU (*Engine Control Unit*). Sinyal yang diterima ECU diperoleh dari sensor-sensor pada setiap kondisi mesin. Tekanan bahan bakar didalam pipa *delivery* selalu dipertahankan pada tekanan 2,5 Kg/cm² lebih tinggi dari tekanan didalam *intake manifold* oleh *pressure regulator*.



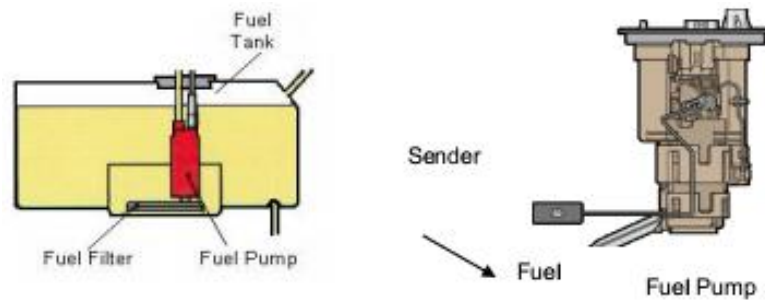
Gambar 2.7 Skema blok EMS (Ryan Kumar Gunahar

Singh :2011:15)

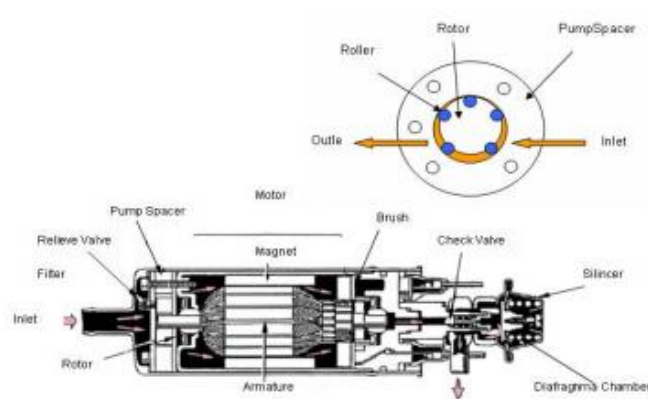
e. Sensor dan Aktuator

1. Pompa Bensin

Pompa bensin yang biasa digunakan pada mesin dengan sistim EFI adalah pompa bensin elektrik yang berfungsi untuk menghisap bahan bakar dari tangki dan menekannya ke sistim bahan bakar. Pompa bensin yang biasa digunakan adalah tipe *in tank* dan tipe *in line*. Tipe *in tank* artinya bahwa pompa bahan bakar berada di dalam tangki bahan bakar dengan posisi terendam bahan bakar. Sedangkan tipe *in line* artinya bahwa pompa bahan bakar berada di luar tangki bahan bakar.



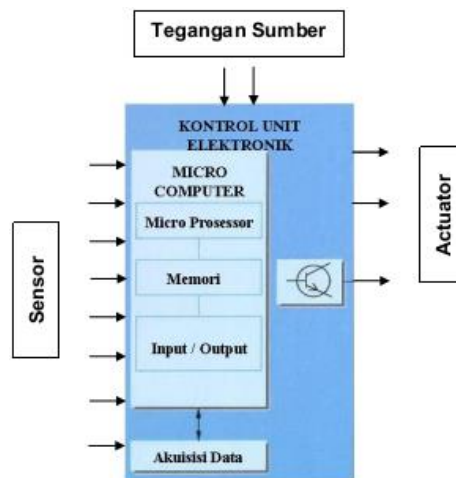
Gambar 2.8 Pompa Tipe In Tank (Ruswid :2008:8)



Gambar 2.9 Pompa Tipe In Line (Ruswid:2008:8)

2. ECU

ECU (*Electronic Control Unit*) merupakan komponen sistim bahan bakar yang akan menerima sinyal listrik dari sensor kemudian diolah untuk kemudian dijadikan garis perintah kepada aktuator. ECU mendapat *supply* tegangan listrik dari baterai, yang selanjutnya tegangan listrik tersebut akan dialirkan ke sensor dan aktuator yang besar kecilnya tegangan disesuaikan dengan kapasitas sensor ataupun aktuator.



Gambar 2.10 Skema ECU (Ruswid:2008:9)

3. DLC (*Data Link Conector*)

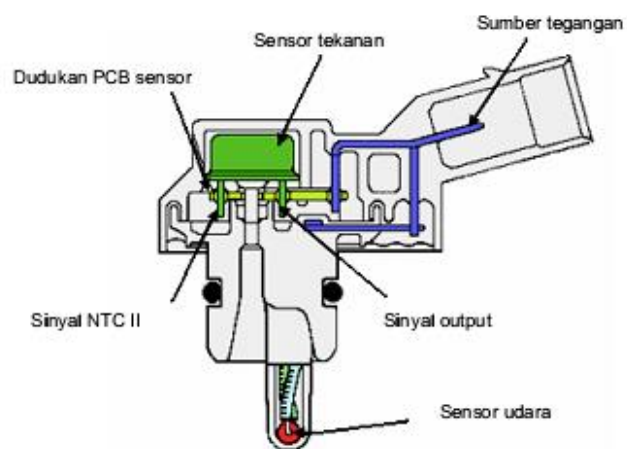
Data Link Conector merupakan kumpulan kode-kode untuk mempermudah mendeteksi kerja dari sensor ataupun aktuator. DLC diterapkan pada semua kendaraan dengan sistem EFI dan untuk mendeteksi secara manual dilakukan dengan cara men *jumper* kode satu dengan kode yang lainnya sesuai dengan *manual book* pada masing-masing kendaraan atau merk kendaraan tersebut. Skema dari DLC (*Data Link Conector*) tampak seperti pada gambar 2.11 berikut.



Gambar 2.11 Skema DLC (Ruswid:2008:10)

4. *Pressure Sensor*

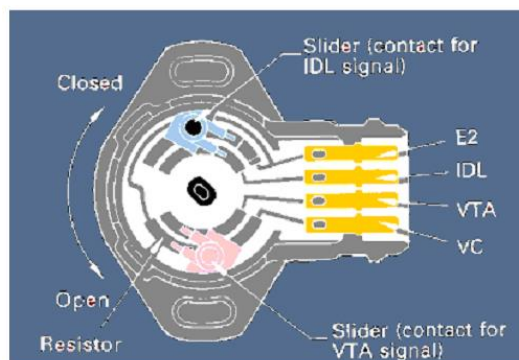
Pressure sensor difungsikan untuk mendeteksi kondisi tekanan udara pada *intake manifold*. Besar kecilnya tekanan pada *intake* akan diinformasikan ke ECU sebagai *input analog*. *Pressure sensor* dipasangkan pada *intake chamber*.



Gambar 2.12 Skema Pressure Sensor (Ruswid:2008:11)

5. *Throttle Sensor*

Throttle position sensor difungsikan untuk mendeteksi besarnya pembukaan katup gas. Gerakan katup gas akan menggerakkan *slider* atau lengan gesek yang akan mempengaruhi besar kecilnya nilai tahanan yang dibentuk sebagai informasi ke ECU untuk menentukan banyak sedikitnya bahan bakar yang akan diinjeksikan.



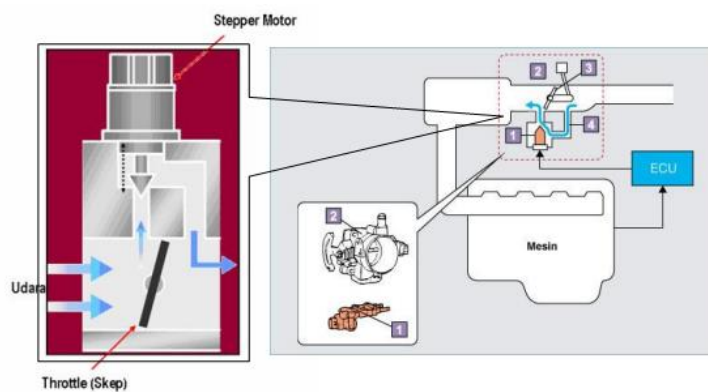
Gambar 2.13 Skema bentuk Throttle Position Sensor

(Ruswid:2008:11)

Throttle Position Sensor dipasangkan pada *throttle body* yang akan mendeteksi sudut pembukaan katup *throttle*. Saat katup *throttle* tertutup penuh maka tegangan $0,3 + 0,8$ V akan diberikan ECU melalui terminal VTH/VTA. Saat katup *throttle* dibuka maka tegangan yang diberikan ECU ke VTH/VTA akan bertambah sesuai dengan sudut pembukaan katup *throttle* dan tegangan menjadi $3,2 - 4,9$ V pada saat katup *throttle* terbuka penuh. ECU mempertimbangkan kondisi pengendalian dari *input signal* tersebut dan menggunakannya untuk menentukan *air fuel ratio* yang benar, penambahan tenaga yang benar dan *fuel cut control*.

6. Idle Speed Control (ISC)

Idle speed control difungsikan untuk mengatur besarnya udara yang diberikan pada saat putaran *idle*. *Idle speed control* dipasang pada sisi bagian bawah *throttle chamber*. ECU hanya mengoperasikan katup ISC untuk membuat *idle-up* dan memberikan umpan balik untuk mencapai target putaran *idling*.

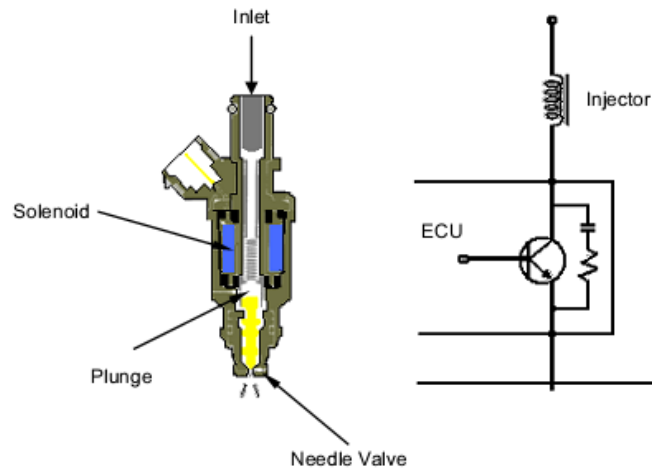


Gambar 2.14 Skema Idle Speed Control (Ruswid:2008:13)

7. Injektor

Injektor adalah salah satu bagian dari sistem bahan bakar yang akan mengabutkan bahan bakar agar terjadi proses pencampuran yang homogen antara udara dan bahan bakar. Injektor dilengkapi dengan *plunger* yang akan membuka dan menutup saluran bahan bakar dan kerja *plunger* dikontrol oleh *solenoid* yang mendapat instruksi dari ECU. Bahan bakar akan keluar lebih gemuk saat *plunger* waktu tertahan lebih panjang dan sebaliknya. Pengaturan campuran bahan bakar gemuk, kurus

dan saat kapan mulai diinjeksikan tergantung dari sinyal yang dikirim oleh ECU.



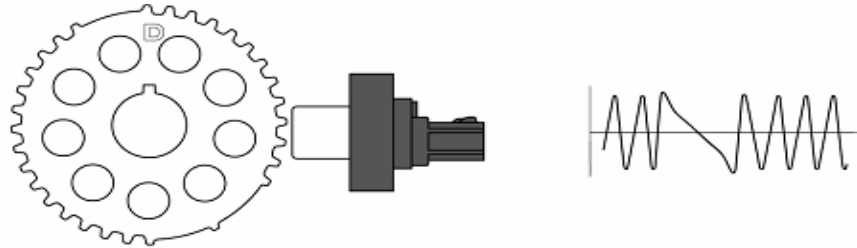
Gambar 2.15 Skema Injektor (Ruswid:2008:13)

8. *Cam Angle Sensor*

Sensor sudut cam dipasang pada sisi samping atas kepala silinder, dimana sensor ini akan mendeteksi setiap perubahan pergerakan sudut cam. Sensor akan mendeteksi perubahan sudut camshaft yang berhubungan dengan katup masuk. Dari sinyal tersebut akan dijadikan dasar pertimbangan ECU untuk memulai saat penginjeksian bahan bakar atau mengakhiri injeksi bahan bakar.

9. Crank Angle Sensor

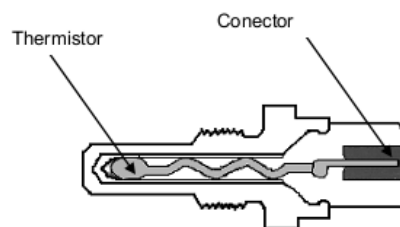
Crank Angle Sensor mendeteksi putaran mesin dan untuk mendeteksi posisi piston tiap silinder.



Gambar 2.16 Skema Crank Angel Sensor (Ruswid:2008:14)

10. Temperatur Sensor

Water temperature sensor (WTS) difungsikan untuk mendeteksi kondisi suhu air pendingin. Sensor ini dipasang pada blok mesin atau rumah termostat bagian bawah. Sensor akan bekerja dengan besar kecilnya resistansi yang dibentuk dimana semakin tinggi suhu air pendingin maka akan semakin kecil resistansinya.



Gambar 2.17 Skema *Water Temperature Sensor*

(Ruswid:2008:15)

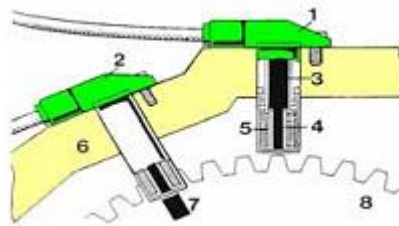
Sensor air pendingin dihubungkan ke ECU yang akan memberikan tegangan sumber daya 5 Volt ke sensor melalui resistor dari terminal THA/THW. Saat nilai tahanan berubah dari sensor sesuai dengan perubahan temperatur dalam air pendingin maka potensial pada terminal THA/THW juga akan berubah. Berdasarkan *signal* ini, ECU merubah volume injeksi bahan bakar untuk memperbaiki kemampuan mesin selama pengoperasian mesin dingin.

11. *Knocking Sensor*

Sensor ini dipasang untuk mendeteksi saat gejala *knocking* pada mesin terjadi. Saat terjadi *knocking* pada ruang bakar maka ECU akan mengatur saat pengapian lebih maju atau mundur sehingga *knocking* akan hilang.

12. CKP dan CMP Sensor

CKP berfungsi untuk menentukan putaran mesin dan inputnya sinyalnya ke ECU untuk memberi sinyal CMP. CMP untuk menentukan top posisi silinder dan menentukan semprotan pengkabutan injektor ke ruang bakar.



Gambar 2.18 Skema CKP dan CMP Sensor (Ryan Kumar
Gunahar Singh :2011:21)

Keterangan :

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| 1. Sensor CKP | 5. Kumbaran |
| 2. Sensor CMP | 6. Rumah Poros Engkol |
| 3. Magnet Permanen | 7. Tonjolan segmen |
| 4. Inti Besi Lunak | 8. Roda Gaya |

2.2.4 Sejarah OBD (*On Board Diagnostic*)

On Board Diagnostics atau OBD, merupakan istilah otomotif yang mengacu pada kemampuan diagnostik pada kendaraan. Sistem OBD memberikan fasilitas kepada pengguna kendaraan atau teknisi untuk dapat mengakses status kendaraan dalam berbagai sub-sistem. OBD membantu untuk memantau kondisi kendaraan dengan mengambil data dari *electronic control unit* (ECU). Untuk membaca ECU perlu peralatan tambahan yaitu *scanner* yang umumnya hanya untuk satu merek kendaraan dan harganya relatif mahal.

On Board Diagnostic (OBD) pertama dikenalkan pada tahun 1968 oleh Volkswagen, dengan sistem komputer dan berkemampuan *scanning*. Dengan istilah diagnosis pada kendaraan, sistem OBD akan memberikan informasi pada pada setiap sub sistem. Pada pengenalan versi awal pada tahun 1980-an *on board diagnostic* hanya akan memberikan isyarat lampu indikator atau *idiot light* jika masalah terdeteksi tetapi tidak memberikan informasi mengenai sifat dari masalah kerusakan. Perkembangan OBD terus berkembang, implementasi OBD (*On Board Diagnostic*) modern sudah menggunakan *port* komunikasi digital standar untuk menyediakan data yang akurat. Serangkaian dari masalah *Diagnostic Trouble Code* (DTC) yang akan memungkinkan orang akan lebih cepat mengidentifikasi masalah kerusakan pada kendaraan.

Sistem OBD memiliki sistem berbasis mikrokontroler dan memonitor sensor yang dipasang pada kendaraan untuk mengamati berbagai parameter terkait dan sistem kontrol emisi / perangkat, unit pengolahan akan mengambil *input* dari sensor untuk diolah oleh pengkondisi sinyal dan akan dihitung nilai *real-time* parameter kendaraan kemudian memberikan *output*. Sistem akan dapat mendiagnosa kesalahan dalam parameter, seperti perubahan mendadak yang abnormal, memberitahu pengguna dari kondisi normal, dan menunjukkan penyebab kesalahan. Sistem OBD dipasang di kendaraan untuk meningkatkan efisiensi bahan bakar dan mengendalikan emisi

dari gas buang, selain itu sistem OBD juga memberikan peringatan kepada pengemudi mengenai kerusakan yang timbul pada kendaraan. (Anil & Kiran 2013).

Sistem OBD memberikan kemudahan kepada pemilik kendaraan atau teknisi bengkel mobil, untuk mengetahui kerusakan mobil dan sistem didalamnya. Jumlah informasi diagnostik yang tersedia melalui OBD telah bervariasi secara luas sejak diperkenalkannya pada awal tahun 1980. Pada tahun 1985, OBD 1 diperkenalkan untuk membakukan cara dimana komputer kendaraan dapat dipantau. Daftar fungsi OBD 1 mampu melakukan pemantauan elektrikal mesin secara sederhana dan sudah bisa membantu teknisi untuk mempermudah mencari masalah di dalam mobil. Tetapi masih banyak kekurangannya, salah satu contoh : *code trouble* atau kode masalah di setiap merk mobil masih berbeda-beda walaupun masalahnya sama. Kemudian, di awal sejarah OBD 2, sedikit dikenal dengan istilah OBD 1,5. Ini adalah pengenalan parsial untuk OBD 2, dengan versi beta. Sebagai contoh yang menggunakan OBD 1,5 adalah GM (General Motors) yang digunakan pada tahun 1994-1995. Pada saat tersebut katalitik lambda sensor mulai dipasang dan standar yang ditentukan sudah OBD 2 yang membawa kita pada kode P (*Trouble Code*).

a. Perkembangan OBD (*On Board Diagnostic*)

OBD (*On Board Diagnostic*) merupakan hal yang penting di dalam dunia otomotif, karena akan mempermudah dalam mengidentifikasi suatu masalah pada kendaraan. Dari awal kemunculannya hingga saat ini terus mengalami banyak perkembangan, dari hanya memberikan isyarat lampu indikator hingga saat ini OBD sudah mulai bisa diakses melalui *smartphone* dengan menggunakan *bluetooth*. Pada mobil-mobil buatan tahun 2000-an, muncul OBD versi lanjutan yaitu OBD-II. Fitur ini merupakan hasil perbaikan atas OBD-I baik dari sisi kemampuan maupun standarisasi. OBD-II memiliki standar yang menentukan jenis konektor diagnostik dan *pin-out* nya pada konektor, protokol sinyal listrik yang tersedia, serta format cara mengirimkan pesan.

Hal ini juga menyediakan daftar calon parameter kendaraan untuk memantau bersama dengan cara *encode* data untuk masing-masing. Ada pin di konektor yang menyediakan listrik untuk alat pemindai dari baterai kendaraan, yang menghilangkan kebutuhan untuk menghubungkan pemindai ke sumber listrik terpisah. Sebagai hasil dari standarisasi ini, satu perangkat OBD-II dapat melakukan hubungan serta pengiriman permintaan (*query*) ke komputer pada berbagai kendaraan apapun yang telah menerapkan sistem OBD-II.

Standarisasi OBD-II didorong oleh persyaratan emisi, walaupun hanya kode emisi terkait dan data yang diperlukan untuk ditransmisikan melalui *port* tersebut. Saat ini sudah banyak produsen kendaraan yang telah membuat Data Link OBD-II Konektor, satu-satunya *access port* pada kendaraan, dimana semua sistem kendaraan didiagnosis dan terprogram. Pada OBD-II DTC (*Diagnostic Trouble Codes*) menggunakan 4-digit, didahului oleh huruf: P untuk mesin dan transmisi (*Powertrain*), B untuk *body* kendaraan, C untuk *Chassis* kendaraan, dan U untuk jaringan.

Saat ini sistem OBD II menggunakan mikrokontroler yang mulai diimplementasikan 1994. Kemampuan OBD-II ini ditambahkan dengan kemampuan untuk memonitor *catalyst efficiency monitoring, engine misfire detections, canister purge system monitoring, secondary air system monitoring, EGR system flow rate monitoring*. Output dari sistem OBD adalah lampu peringatan dengan simbol mesin, disajikan untuk *driver* di instrument *cluster*. Hal ini dikenal sebagai lampu indikator kerusakan (MIL). Ketika suatu kesalahan telah terdeteksi maka lampu MIL ini akan menyala. Setiap kesalahan akan menyalakan kode lampu MIL. Hal ini disebut dengan kode diagnostik masalah (DTC) diatur dan disimpan dalam ECU (*Electronic Control Unit*) memori. Setiap DTC menunjukkan kesalahan komponen atau sirkuit tersebut.

b. Konektor *On Board Diagnostic* (OBD)

1. Konektor *On Board Diagnostic* (OBD) I

Masing-masing produsen menggunakan konektor sendiri *Data Link Connector* (DLC), lokasi DLC, definisi DTC, dan prosedur untuk membaca DTC dari kendaraan. DTC dari OBD-I mobil sering membaca melalui pola berkedip lampu MIL. Dengan menghubungkan pin tertentu dari konektor diagnostik, lampu MIL akan berkedip keluar angka dua digit yang sesuai dengan kondisi kesalahan tertentu. Aplikasi pada kendaraan Ford, Toyota dan Lexus pada tahun 1989-1995.

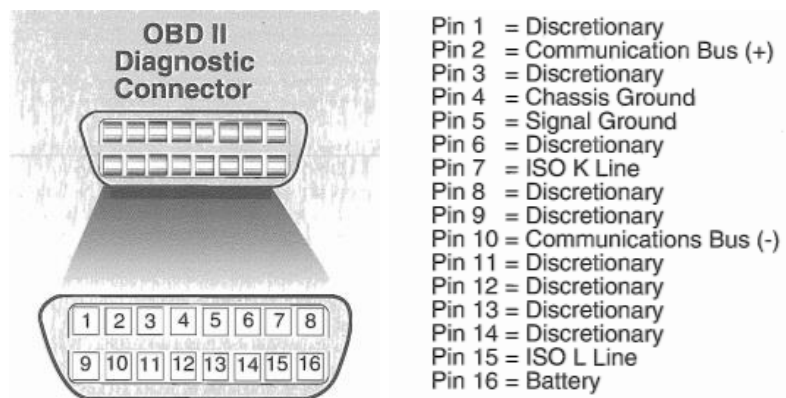


Gambar 2.19 Konektor OBD-I (Tacra.blogspot.com)

2. Konektor *On Board Diagnostic* (OBD) II

OBD-II menetapkan jenis konektor diagnostik dan *pin out*-nya, protokol *signaling* listrik yang tersedia, dan format pesan. Ada pin di konektor yang menyediakan listrik untuk alat *scan* dari baterai kendaraan, yang menghilangkan kebutuhan untuk menghubungkan alat *scan* ke sumber listrik secara terpisah. Standar OBD-II memberikan daftar *extensible* dari DTC. Sebagai

hasil dari standarisasi ini, satu perangkat dapat *query on-board* komputer (s) di kendaraan apapun.



Gambar 2.20 Konektor OBD II (NAPA Institute of Automotive Technology : 1998: 12)

3. Interface On Board Diagnostic (OBD) II dengan *Scan Tool Code Reader ELM 327*

Untuk membaca data dari sistem OBD-II ini diperlukan rangkaian tambahan yang disebut *serial diagnostic interface*. Diagnostik *tool* ini dapat berkomunikasi dengan sistem OBD pada kendaraan dengan protokol komunikasi yang telah disepakati diantara produsen kendaraan. (Dzhelekarski & Alexiev 2005).

2.2.5 ELM 327

Protokol perintah ELM327 adalah salah satu PC-to-OBD standar antarmuka yang paling populer dan juga dilaksanakan oleh vendor lain. ELM 327 merupakan *microkontroler* PIC yang telah disesuaikan dengan kode berpemilik ELM Electronics.

ELM327 adalah perangkat berbasis mikrokontroler PIC khusus diprogram dirancang untuk menangani komunikasi dalam standar OBD-II. Ini beroperasi pada daya 5V dan memberikan umpan balik *debugging* melalui 4 LED yang menunjukkan pertukaran data. Data diterima melalui salah satu dari tiga standar sinyal dan kemudian oleh ELM327 yang menafsirkan data dan mengirimkan pada baris RS232 standar yang dapat dibaca oleh ATmega644.

Demikian pula, ketika perintah dikirim ke ELM327 oleh MCU, itu ditafsirkan dan diubah menjadi protokol *signaling* yang benar yang kemudian ditransmisikan ke mobil. ELM327 tidak membaca perintah atau data yang sedang dikirim tetapi hanya mengkonversi data ASCII pada baris RS232 ke tegangan yang tepat di *port* OBD-II. (Čabala & Gamec 2012).

ELM327 adalah yang paling banyak digunakan dan praktis, mendukung semua protokol OBD .IE: KWP, PWM, VPN dan CAN. Saat ini, ada 4 jenis antarmuka ELM327:

1. ELM327 RS232 (RS atau Series): Jenis output RS 323 secara bertahap menghilang dari PC modern.
2. ELM327 USB: Sedikit lebih mahal bahwa RS dan membutuhkan instalasi driver USB.
3. ELM327 Bluetooth: Ini memiliki keuntungan menjadi nirkabel dan dapat digunakan dengan komputer atau *smartphone*.
4. ELM327 WiFi: koneksi nirkabel berarti dapat digunakan dengan komputer atau *smartphone*. Hanya *interface* WiFi dapat digunakan dengan iPhone / iPad.

Walaupun ada 4 jenis cara koneksi, namun sirkuit utamanya tetap menggunakan ELM 327. Masing-masing dari 4 jenis *interface* tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing.

Untuk mendapatkan data daya (*power*) dan torsi melalui *Scanner Code Reader* ELM 327 diperlukan data spesifikasi kendaraan seperti berat kendaraan, rasio *gear* transmisi, kondisi cuaca, rasio ban, dan lain-lain. Data tersebut akan dikalkulasikan dengan parameter mesin yang lain seperti RPM mesin, kecepatan mesin, tekanan *intake manifold*, dan lain-lain.

Untuk mendapatkan torsi dan daya mesin pada OBD II, ECU melakukan kalkulasi menggunakan rumus :

$$\text{Torsi (Nm)} = \frac{F \times R}{\text{Gear Ratio} \times \text{Final Drive}} \dots \dots \dots (2.6)$$

$$\text{Power (Hp)} = \frac{\text{Torsi} \times \text{RPM}}{5252} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana :

$$F = (m \times a) + F_a \dots \dots \dots (2.8)$$

$$F_a = 0,5 \times \text{density} \times v^2 \times A_r \times C_d \dots \dots \dots (2.9)$$

$$v \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = \frac{(\text{RPM} \times R \times \pi)}{\text{gear ratio} \times \text{final drive} \times 30} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$a \text{ (m/s}^2\text{)} = \frac{\text{RPM} \times \pi \times \text{td}}{6000 \times \text{gear ratio} \times \text{final gear}} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$R \text{ (m)} = \frac{\text{td}}{200} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$\text{Density} = \frac{0.0412236 \times \text{atmosfir (milibar)}}{\text{temperatur (}^\circ\text{C)} + 273} \dots \dots \dots (2.13)$$

Keterangan :

m = berat kendaraan (kg)

td = diameter roda (cm)

cd = drag coefficient

* ar = permukaan depan (jalan) kendaraan