

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Sejak lama, teknologi injeksi telah menjadi perbincangan hangat dalam dunia otomotif roda dua. Tetapi masih banyak orang yang belum memahami apa sebenarnya teknologi injeksi itu dan apa fungsi dari *Engine Control Unit* (ECU) pada teknologi injeksi tersebut. Sebelum adanya ECU, campuran udara – bahan bakar, waktu pengapian dan kecepatan idle dikontrol dengan cara mekanis dan pneumatik. Oleh karena itu pembahasan tentang pengkajian pustaka ini difokuskan pada analisa beberapa *ECU* standar pabrikan dengan jenis-jenis *ECU* yang ada dipasaran untuk meningkatkan performa mesin motor dalam hal daya, torsi, maupun konsumsi bahan bakar standar pabrikan pada percobaan dan penelitian.

Fahmi dan Yuniarto (2013), meneliti tentang perancangan dan unjuk kerja *engine control unit* (ECU) iquteche pada motor Yamaha Vixion. Parameter yang dicari adalah daya, torsi, konsumsi bahan bakar. Dari hasil penelitian yang diperoleh daya maksimum yang dihasilkan oleh ECU standar sebesar 11,6 HP terjadi pada putaran 7000 rpm sedangkan daya maksimum yang dihasilkan oleh ECU iquteche sebesar 11,8 HP terjadi pada putaran engine 7000 rpm hal ini menyebabkan kenaikan daya sebesar 0,01 %. Torsi maksimum yang dihasilkan oleh ECU standard sebesar 12,15 N.m terjadi pada putaran 7865 rpm sedangkan torsi maksimum yang dihasilkan oleh ECU iquteche sebesar 12,93 N.m terjadi pada putaran engine 7447 rpm hal ini menyebabkan kenaikan torsi sebesar 1,87 %. Konsumsi bahan bakar diperoleh dari ECU iquteche terjadi peningkatan efisiensi sebesar 11,9 % dari penggunaan ECU standar.

Adapun penelitian dari Saepudin (2015), meneliti tentang pengaruh settingan ECU kinerja motor bensin 4 langkah 150cc berbahan bakar pertamax. Parameter yang dicari adalah daya, dan torsi. Dari hasil penelitian diperoleh daya yang tertinggi pada kondisi mesin standar (CO 0) menghasilkan daya maksimum

12,13 (kW) pada putaran 8549 (rpm). Torsi yang tertinggi diperoleh pada kondisi mesin (CO +10) menghasilkan torsi maksimum 14,59 (Nm) pada putaran mesin 6688 (rpm). Pada kondisi (CO 0) daya naik 3,5% dibanding kondisi (CO+10) sedangkan torsi pada kondisi (CO+10) torsi naik 2,4% dibanding kondisi (CO 0).

Lain lagi dengan Wardana (2016), meneliti tentang pengaruh variasi CDI terhadap kinerja motor 4 langkah 200 cc berbahan bakar premium. Paramater yang dicari adalah daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar. Dari hasil penelitian diperoleh torsi tertinggi pada penggunaan CDI *racing* Siput Advan Tech dengan torsi sebesar 17,38 (Nm) pada putaran mesin 7750 (RPM). Daya tertinggi diperoleh pada penggunaan CDI *racing* Siput Advan Tech dengan daya sebesar 17,5 HP pada putaran mesin 6450 (RPM). Konsumsi bahan bakar CDI standar sebesar 35,87 km/l, CDI BRT sebesar 33,3 km/l, dan CDI SAT sebesar 32,85 km/l dengan menggunakan bahan bakar yang sama yaitu premium 420 ml.

Dari tinjauan pustaka yang dikaji, dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian di atas menunjukkan pengujian pada ECU *racing* atau ECU *aftermarket* mampu menghasilkan daya dan torsi yang lebih baik atau lebih tinggi dari pada ECU standar bawaan dari motor. Selain itu, ECU yang telah dibuat bekerja dengan baik dan dapat diaplikasikan sebagai kontroller injeksi bahan bakar dan pengapian pada mesin. Sehingga mesin dapat bekerja dengan baik dari putaran rendah sampai putaran tinggi .

## 2.2 Definisi Motor Bakar

Motor bakar adalah salah satu jenis dari motor kalor, yaitu mesin yang mengubah energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar bakar menjadi tenaga mekanis. Energi diperoleh dari proses pembakaran yang mengubah energi tersebut yang terjadi didalam dan diluar mesin (Kiyaku dan Murdhana, 1988).

Motor bakar terbagi menjadi 2 (dua) jenis utama, yaitu motor diesel dan motor otto. Perbedaan umumnya terletak pada sistem penyalannya, penyalan pada motor otto terjadi karena loncatan bunga api yang dipercikan oleh busi atau juga sering *Spark Ignition Engine*. Sedangkan pada motor diesel penyalan terjadi

karena kompresi yang tinggi didalam silinder kemudian bahan bakar disemprotkan oleh *nozzle* atau juga disebut *Compression Ignition Engine* (CIE).

### **2.3 Klasifikasi Motor Bakar**

Motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) macam. Adapun klasifikasinya motor bakar adalah sebagai berikut :

#### **2.3.1 Berdasarkan Sistem Pembakarannya**

##### **a. Mesin bakar dalam (*Internal Combustion Engine*)**

Pada mesin pembakaran dalam fluida kerja yang dihasilkan pada mesin itu sendiri sehingga gas hasil pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida.

##### **b. Mesin bakar luar (*Eksternal Combustion Engine*)**

Pada mesin pembakaran luar fluida kerja yang dihasilkan terdapat diluar mesin tersebut. Energi thermal dan gas hasil pembakaran dipindahkan ke dalam mesin melalui beberapa dinding pemisah.

#### **2.3.2 Berdasar Sistem Penyalaan**

##### **a. Motor bensin**

Motor bensin dapat juga disebut sebagai motor otto. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi menghasilkan loncatan bunga api listrik yang membakar campuran bahan bakar dan udara karena motor ini cenderung disebut *spark ignition engine*. Pembakaran bahan bakar dengan udara ini menghasilkan daya. Di dalam siklus Otto (siklus ideal) pembakaran tersebut dimisalkan sebagai pemasukan panas pada volume konstanta. (Wiranto Arismunandar, 1988).

##### **b. Motor diesel**

Motor diesel adalah motor bakar torak yang berbeda dengan motor bensin. Proses penyalaannya bukan menggunakan loncatan bunga api listrik. Pada waktu torak hampir mencapai titik TMA bahan bakar disemprotkan ke dalam

ruang bakar. Terjadilah pembakaran pada ruang bakar pada saat udara dalam silinder sudah bertemperatur tinggi. Persyaratan ini dapat terpenuhi apabila perbandingan kompresi yang digunakan cukup tinggi, yaitu berkisar 12-25. (Wiranto Arismunandar, 1988).

## **2.4 Siklus Termodinamika**

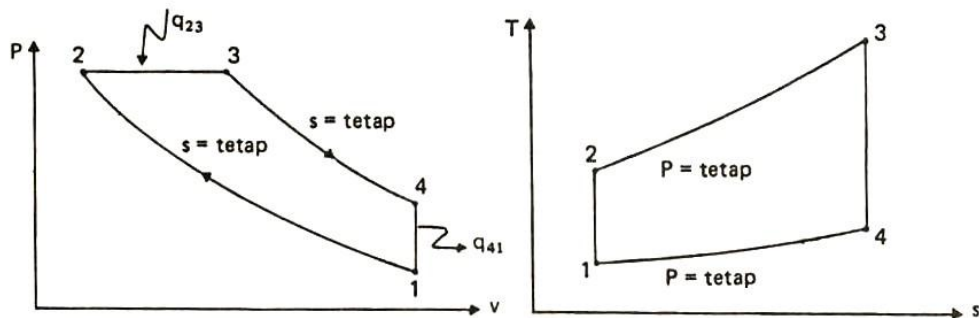
Konversi energi yang terjadi pada motor bakar torak berdasarkan pada siklus termodinamika. Proses sebenarnya amat kompleks sehingga analisa dilakukan pada kondisi ideal dengan fluida kerja udara.

Idealisasi proses tersebut sebagai berikut:

1. Fluida kerja dari awal proses hingga akhir proses.
2. Panas jenis dianggap konstan meskipun terjadi perubahan temperatur pada udara.
3. Proses kompresi dan ekspansi berlangsung secara adiabatik, tidak terjadi perpindahan panas antara gas dan dinding silinder.
4. Sifat-sifat kimia fluida kerja tidak berubah selama siklus berlangsung.
5. Motor 2 (dua) langkah mempunyai siklus termodinamika yang sama dengan motor 4 (empat) langkah.

## **2.5 Siklus Otto (Siklus udara volume konstan)**

Pada siklus Otto atau siklus volume konstan proses pembakaran terjadi pada volume konstan, sedangkan siklus Otto tersebut ada yang berlangsung dengan 4 (empat) langkah atau 2 (dua) langkah. Untuk mesin 4 (empat) langkah siklus kerja terjadi dengan 4 (empat) langkah piston atau 2 (dua) poros engkol. Adapun langkah dalam siklus Otto yaitu gerakan piston dari titik puncak (TMA = titik mati atas) ke posisi bawah (TMB = titik mati bawah) dalam silinder. Diagram P-V dan T-S siklus Otto dapat dilihat gambar 2.1.



**Gambar 2.1.** Diagram P-V dan T-S siklus Otto  
(Cengel & Boles, 1994)

Proses siklus otto sebagai berikut :

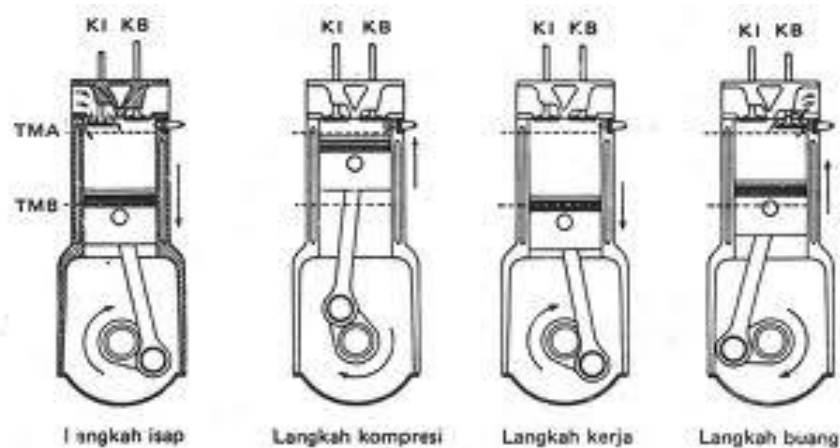
- Proses 1-2 : proses kompresi *isentropic (adiabatic reversible)* di mana piston bergerak menuju (TMA = titik mati atas) mengkompresikan udara sampai volume *clearance* sehingga tekanan dan temperatur udara naik.
- Proses 2-3 : pemasukan kalor konstan, piston sesaat pada (TMA = titik mati atas) bersamaan kalor suplai dari sekelilingnya serta tekanan dan temperatur meningkat hingga nilai maksimum dalam siklus.
- Proses 3-4 : proses isentropik udara panas dengan tekanan tinggi mendorong piston turun menuju (TMB = titik mati bawah), energi dilepaskan di sekeliling berupa internal energi.
- Proses 4-1 : proses pelepasan kalor pada volume konstan piston sesaat pada (TMB = titik mati bawah) dengan mentransfer kalor ke sekeliling dan kembali melangkah pada titik awal.

## 2.6 Prinsip Kerja Motor Bakar Torak

Berdasarkan prinsipnya, terdapat 2 (dua) prinsip pada motor bakar torak, yaitu: 4 (empat) langkah dan 2 (dua) langkah. Adapun prinsip kerja motor bakar 4 (empat) langkah dan 2 (dua) langkah adalah sebagai berikut:

### 2.6.1 Prinsip Kerja Motor Bakar 4 (empat) Langkah

Yang dimaksud dengan motor bakar 4 (empat) langkah adalah bila 1 (satu) kali proses pembakaran terjadi setiap 4 (empat) langkah gerakan piston atau 2 (dua) kali putaran poros engkol. Dengan anggapan bahwa katup masuk dan katup buang terbuka tepat pada waktu piston berada pada TMA dan TMB. Siklus 4 (empat) langkah dapat diterangkan sebagai berikut: Mesin bensin 4 langkah (*Four Stroke Engine*) adalah sebuah mesin dimana untuk menghasilkan sebuah tenaga memerlukan empat proses langkah naik-turun piston, dua kali rotasi kruk as dan satu putaran camshaft. Dapat diartikan juga sebagai motor yang setiap satu kali pembakaran bahan bakar memerlukan 4 langkah dan 2 kali putaran poros engkol, dapat dilihat pada gambar 2.2.

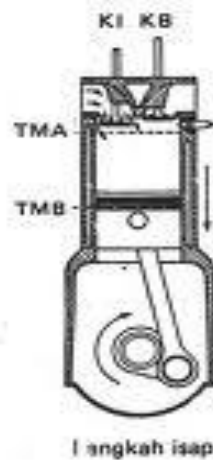


**Gambar 2.2.** Skema Gerak Torak Empat Langkah  
(Arismunandar, 2002)

Prinsip kerja motor 4 langkah dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Langkah Hisap (*intake*)

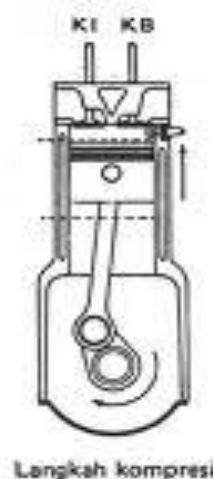
Piston bergerak dari TMA ke TMB. Pada ruangan diatas piston terjadi pembesaran volume yang menyebabkan tekanan menjadi kurang. Tekanan kurang tersebut mengakibatkan terjadinya hisapan terhadap campuran bahan bakar dari karburator. Keadaan katup masih terbuka dan katup buang tertutup. Dapat dilihat pada gambar 2.3 merupakan langkah hisap pada mesin 4 langkah berikut.



**Gambar 2.3.** Proses langkah hisap motor 4 langkah  
(Arismunandar, 2002)

b. Langkah Kompresi

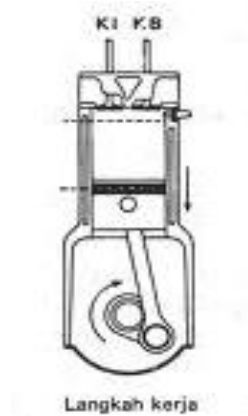
Piston bergerak dari TMB ke TMA mengadakan kompresi terhadap campuran udara bahan bakar yang baru masuk pada langkah pengisian. Tekanan dan temperatur menjadi naik sedemikian rupa sehingga campuran bahan bakar udara berada dalam keadaan yang mudah sekali untuk terbakar. Sebelum langkah kompresi berakhir busi mengadakan pembakaran kedua katup tertutup. Pada gambar 2.4 merupakan langkah kompresi pada mesin 4 langkah.



**Gambar 2.4.** Proses langkah kompresi motor 4 langkah  
(Arismunandar, 2002)

c. Langkah Kerja

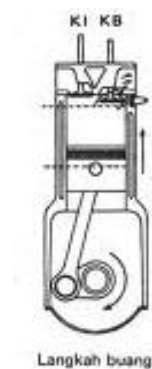
Akibat adanya pembakaran pada ruang bakar terjadi panas dan pemuaian tiba-tiba. Pemuaian tersebut mendorong piston untuk bergerak dari TMA ke TMB. Kedua katup masih dalam keadaan tertutup rapat sehingga seluruh tenaga panas mendorong piston untuk bergerak. Gambar 2.5 berikut merupakan langkah kerja pada mesin bensin 4 langkah.



**Gambar 2.5.** Proses langkah kerja motor 4 langkah  
(Arismunandar, 2002)

d. Langkah Buang

Pada langkah buang ini katup masuk tertutup sedangkan katup buang terbuka. Piston bergerak dari TMB ke TMA mendesak gas sisi pembakaran keluar melalui katup buang dan saluran buang (*exhaust manifold*) menuju atmosfer. Gambar 2.6 berikut merupakan langkah buang pada mesin bensin 4 langkah.



**Gambar 2.6.** Proses langkah buang motor 4 langkah  
(Arismunandar, 2002)



### 2.6.2 Motor Bensin 2 (dua) Langkah

Pada motor bensin 2 (dua) langkah, setiap siklus terdiri dari 2 (dua) langkah piston atau 1 (satu) kali putaran poros engkol. Proses yang terjadi pada motor 4 (empat) langkah, juga terjadi 1 (satu) langkah penuh.

Langkah-langkah tersebut adalah:

a. Langkah Naik

Piston bergerak dari TMB ke TMA. Beberapa saat sebelum piston sampai di TMB, gas bekas hasil pembakaran sudah mulai dikeluarkan dan campuran udara bahan bakar baru pun sudah mulai dimasukkan. Langkah ini merupakan langkah kompresi. Pada waktu piston hampir mencapai TMA busi mengadakan pembakaran.

b. Langkah Turun

Dengan adanya pembakaran pada akhir langkah naik, terjadi panas dan pemuaiian yang tiba-tiba. Piston bergerak dari TMA ke TMB. Sebelum piston mencapai TMB lubang buang sudah terbuka. Lubang masukpun kemudian terbuka pula, gas baru masuk dan sekaligus mendorong gas bekas keluar.

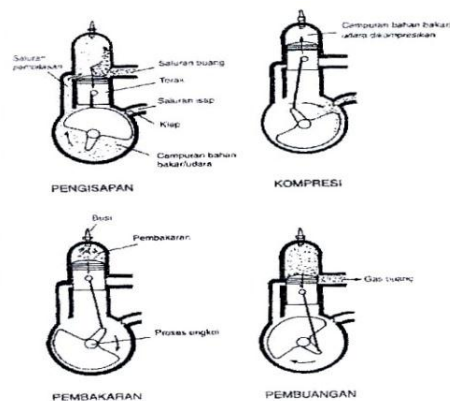
Suatu hal yang sangat penting pada motor 2 (dua) langkah ialah adanya lubang-lubang masuk dan buang sebagai pengganti katup. Piston yang bergerak dari dari TMB ke TMA dan sebaliknya menutup dan membuka lubang-lubang tersebut. Jadi motor 2 (dua) langkah umumnya tidak mempunyai katup masuk dan katub buang.

Kelemahan yang paling menonjol pada motor 2 (dua) langkah yaitu sangat singkatnya waktu yang tersedia untuk pemasukkan dan pembuangan gas bekas. Prinsip kerja motor 2 (dua) langkah dapat dilihat gambar 2.7. Akibatnya bahan bakar baru ada yang tercampur dengan gas bekas atau sudah terbang keluar bersama gas bekas sebelum sempat terbakar. Tapi kelemahan ini telah diusahakan memperkecilnya dengan membuat bermacam sistem pembilasan. Pada motor bensin 2 (dua) langkah, karena pemasukan dan pengeluaran gas bekas tidak diatur oleh klep maka terdapat kelemahan, yaitu:

- 1) Dengan adanya lubang transfer dari lubang buang maka kompresi tidak dimulai dari TMB. Kerugian ini tidak sama pada masing-masing motor,

berkisar antara 20-45%. Berarti lubang buang baru tertutup pada waktu piston sudah bergerak ada kalanya  $80^0$  putaran sesudah TMB.

- 2) Terlalu sedikit waktu untuk pemasukan gas baru dan pembuangan gas bekas sehingga besar kemungkinan sebagian gas bekas sehingga besar kemungkinan sebagian gas bekas tidak sempat keluar dan sebaliknya ada juga gas baru yang sudah keluar sebelum terbakar.



**Gambar 2.7.** Prinsip kerja motor 2 (dua) langkah  
(Arends BPM; H Berenschot, 1980)

## 2.7 Sistem Bahan Bakar Injeksi (EFI)

### 2.7.1 Perkembangan Sistem Bahan Bakar Injeksi

Sistem bahan bakar tipe injeksi merupakan langkah inovasi yang sedang dikembangkan untuk diterapkan pada sepeda motor. Tipe injeksi sebenarnya sudah mulai diterapkan pada sepeda motor dalam jumlah terbatas pada tahun 1980-an, dimulai dari sistem injeksi mekanis kemudian berkembang menjadi sistem injeksi elektronik. Sistem injeksi mekanis disebut juga sistem injeksi kontinu (*K-Jetronic*) karena injektor menyemprotkan secara terus menerus ke setiap saluran masuk (*intake manifold*). Sedangkan sistem injeksi elektronik atau yang lebih dikenal dengan *Electronic Fuel Injection* (EFI), volume dan waktu penyemprotannya dilakukan secara elektronik. Sistem EFI kadang disebut juga dengan EGI (*Electronic Gasoline Injection*), EPI (*Electronic Petrol Injection*), PGM-FI (*Programmed Fuel Injection*) dan *Engine Management*.

Penggunaan sistem bahan bakar injeksi pada sepeda motor komersil di Indonesia sudah mulai dikembangkan. Salah satu contohnya adalah pada salah satu tipe yang di produksi Astra Honda Mesin, yaitu pada Supra X 125. Istilah sistem EFI pada Honda adalah PGM-FI (*Programmed Fuel Injection*) atau sistem bahan bakar yang telah terprogram. Secara umum, penggantian sistem bahan bakar konvensional ke sistem EFI dimaksudkan agar dapat meningkatkan unjuk kerja dan tenaga mesin (*power*) yang lebih baik, akselerasi yang lebih stabil pada setiap putaran mesin, pemakaian bahan bakar yang ekonomis (irit), dan menghasilkan kandungan racun (emisi) gas buang yang lebih sedikit sehingga bisa lebih ramah terhadap lingkungan. Selain itu, kelebihan dari mesin dengan bahan bakar tipe injeksi ini adalah lebih mudah dihidupkan pada saat lama tidak digunakan, serta tidak terpengaruh pada temperatur di lingkungannya.

### **2.7.2 Prinsip Kerja Sistem EFI**

Istilah sistem injeksi bahan bakar (EFI) dapat digambarkan sebagai suatu sistem yang menyalurkan bahan bakarnya dengan menggunakan pompa pada tekanan tertentu untuk mencampurnya dengan udara yang masuk ke ruang bakar. Pada sistem EFI dengan mesin berbahan bakar bensin, pada umumnya proses penginjeksian bahan bakar terjadi di bagian ujung *intake manifold/manifold* masuk sebelum *inlet valve* (katup/klep masuk). Pada saat *inlet valve* terbuka, yaitu pada langkah hisap, udara yang masuk ke ruang bakar sudah bercampur dengan bahan bakar.

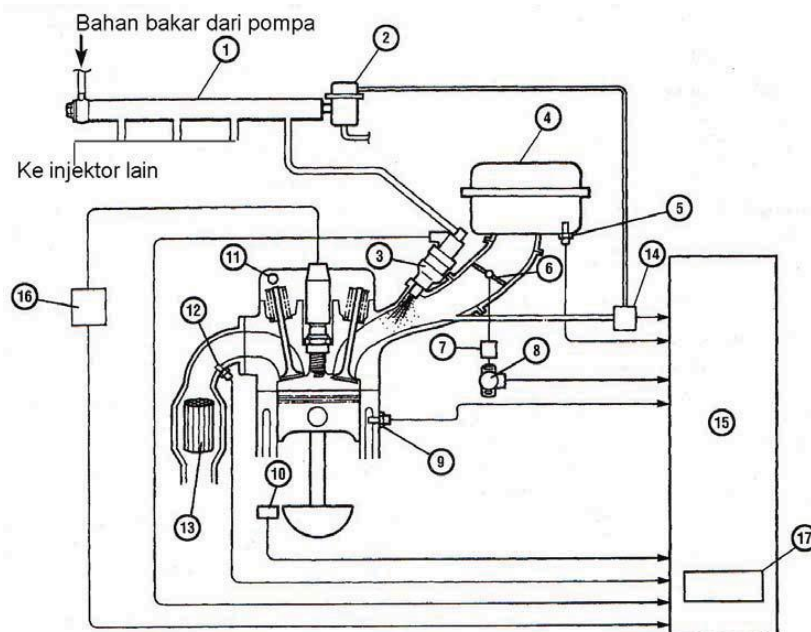
Secara ideal, sistem EFI harus dapat mensuplai sejumlah bahan bakar yang disemprotkan agar dapat bercampur dengan udara dalam perbandingan campuran yang tepat sesuai kondisi putaran dan beban mesin, kondisi suhu kerja mesin dan suhu atmosfer saat itu. Sistem harus dapat mensuplai jumlah bahan bakar yang bervariasi, agar perubahan kondisi operasi kerja mesin tersebut dapat dicapai dengan unjuk kerja mesin yang tetap optimal.

### **2.7.3 Konstruksi Dasar Sistem EFI**

Secara umum, konstruksi sistem EFI dapat dibagi menjadi tiga bagian/sistem utama, yaitu; a) sistem bahan bakar (*fuel system*), b) sistem kontrol elektronik

(*electronic control system*), dan c) sistem induksi/pemasukan udara (*air induction system*). Ketiga sistem utama ini akan dibahas satu persatu di bawah ini.

Jumlah komponen-komponen yang terdapat pada sistem EFI bisa berbeda pada setiap jenis sepeda mesin. Semakin lengkap komponen sistem EFI yang digunakan, tentu kerja sistem EFI akan lebih baik sehingga bisa menghasilkan unjuk kerja mesin yang lebih optimal pula. Dengan semakin lengkapnya komponen-komponen sistem EFI (misalnya sensor-sensor), maka pengaturan koreksi yang diperlukan untuk mengatur perbandingan bahan bakar dan udara yang sesuai dengan kondisi kerja mesin akan semakin sempurna. Gambar di bawah ini memperlihatkan contoh skema rangkaian sistem EFI pada Yamaha GTS1000 dan penempatan komponen sistem EFI pada Honda Supra X 125. Skema Rangkaian Sistem EFI Pada Yamaha GTS1000 dapat dilihat pada gambar 2.8.



**Gambar 2.8.** Skema Rangkaian Sistem EFI Pada Yamaha GTS1000  
(Unit Pelaksana Teknis Pelatihan Kerja Mojokerto, 2009)

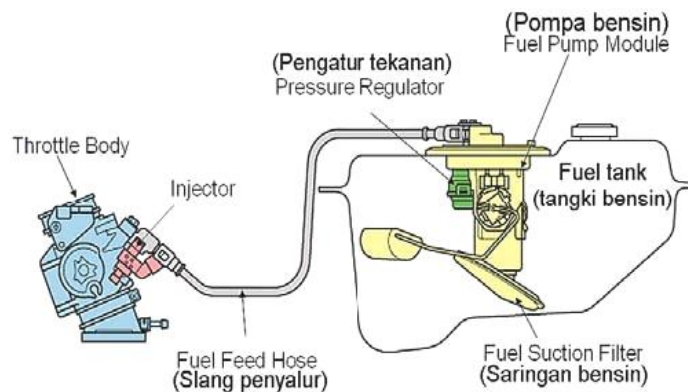
Keterangan gambar :

1. *Fuel rail/delivery pipe* (pipa pembagi)
2. *Pressure regulator* (pengatur tekanan)
3. *Injector* (nozle penyemprot bahan bakar)
4. *Air box* (saringan udara)

5. *Air temperature sensor* (sensor suhu udara)
6. *Throttle body butterfly* (katup throttle)
7. *Fast idle system*
8. *Throttle position sensor* (sensor posisi *throttle*)
9. *Engine/coolant temperature sensor* (sensor suhu air pendingin)
10. *Crankshaft position sensor* (sensor posisi poros engkol)
11. *Camshaft position sensor* (sensor posisi poros nok)
12. *Oxygen* (lambda) sensor
13. *Catalytic converter*
14. *Intake air pressure sensor* (sensor tekanan udara masuk)
15. ECU (*Electronic control unit*)
16. *Ignition coil* (koil pengapian)
17. *Atmospheric pressure sensor* (sensor tekanan udara atmosfer)

#### a. Sistem Bahan Bakar

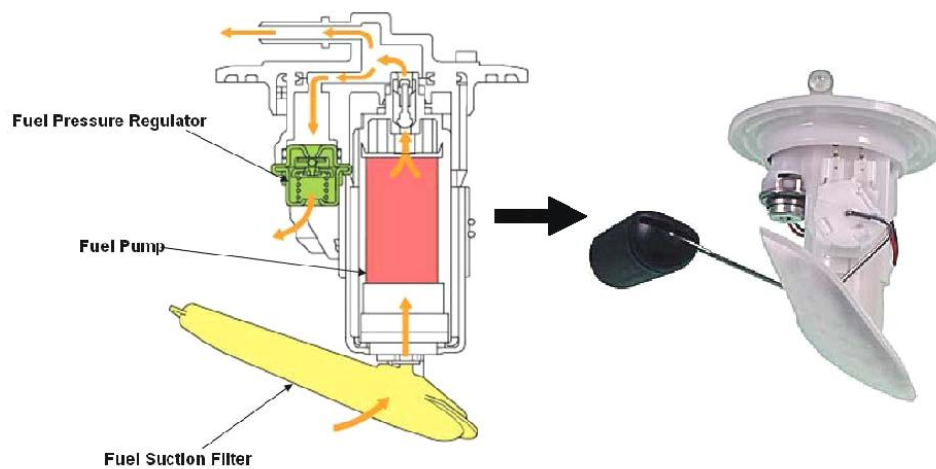
Komponen-komponen yang digunakan untuk menyalurkan bahan bakar ke mesin terdiri dari tangki bahan bakar (*fuel pump*), pompa bahan bakar (*fuel pump*), saringan bahan bakar (*fuel filter*), pipa/slang penyalur (pembagi), pengatur tekanan bahan bakar (*fuel pressure regulator*), dan injektor/penyemprot bahan bakar. Sistem bahan bakar ini berfungsi untuk menyimpan, membersihkan, menyalurkan dan menyemprotkan /menginjeksikan bahan bakar. Komponen EFI Honda Supra X 125 dapat dilihat pada gambar 2.9.



**Gambar 2.9.** Komponen EFI Honda Supra X 125  
(Unit Pelaksana Teknis Pelatihan Kerja Mojokerto, 2009)

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

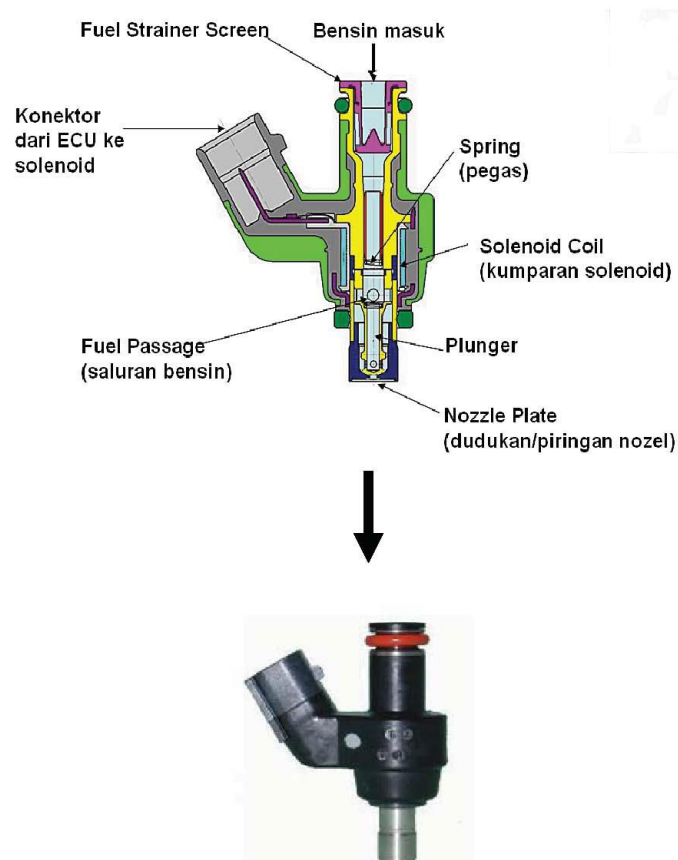
- 1) *Fuel suction filter*; menyaring kotoran agar tidak terhisap pompa bahan bakar.
- 2) *Fuel pump module*; memompa dan mengalirkan bahan bakar dari tangki bahan bakar ke injektor. Penyaluran bahan bakarnya harus lebih banyak dibandingkan dengan kebutuhan mesin supaya tekanan dalam sistem bahan bakar bisa dipertahankan setiap waktu walaupun kondisi mesin berubah ubah. Konstruksi *Fuel Pump Module* dapat dilihat pada gambar 2.10.



**Gambar 2.10.** Konstruksi *Fuel Pump Module*  
(Unit Pelaksana Teknis Pelatihan Kerja Mojokerto, 2009)

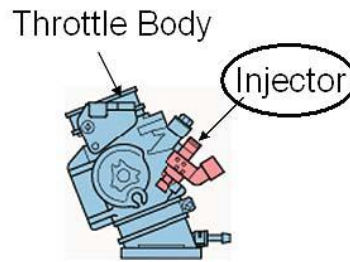
- 3) *Fuel pressure regulator*; mengatur tekanan bahan bakar di dalam sistem aliran bahan bakar agar tetap/konstan. Contohnya pada Honda Supra X 125 PGM-FI tekanan dipertahankan pada 294 kPa (3,0 kgf/cm<sup>2</sup>, 43 psi). Bila bahan bakar yang dipompa menuju injektor terlalu besar (tekanan bahan bakar melebihi 294 kPa (3,0 kgf/cm<sup>2</sup>, 43 psi)) *pressure regulator* mengembalikan bahan bakar ke dalam tangki.
- 4) *Fuel feed hose*; slang untuk mengalirkan bahan bakar dari tangki menuju injektor. Slang dirancang harus tahan tekanan bahan bakar akibat dipompa dengan tekanan minimal sebesar tekanan yang dihasilkan oleh pompa.
- 5) *Fuel Injector*; menyembrotkan bahan bakar ke saluran masuk (*intake manifold*) sebelum, biasanya sebelum katup masuk, namun ada juga yang ke *throttle*

*body*. Volume penyemprotan disesuaikan oleh waktu pembukaan nozel/injektor. Lama dan banyaknya penyemprotan diatur oleh ECM (*Electronic/Engine Control Module*) atau ECU (*Electronic Control Unit*). Konstruksi injektor dapat dilihat pada gambar 2.11.



**Gambar 2.11.** Konstruksi Injektor  
(Unit Pelaksana Teknis Pelatihan Kerja Mojokerto, 2009)

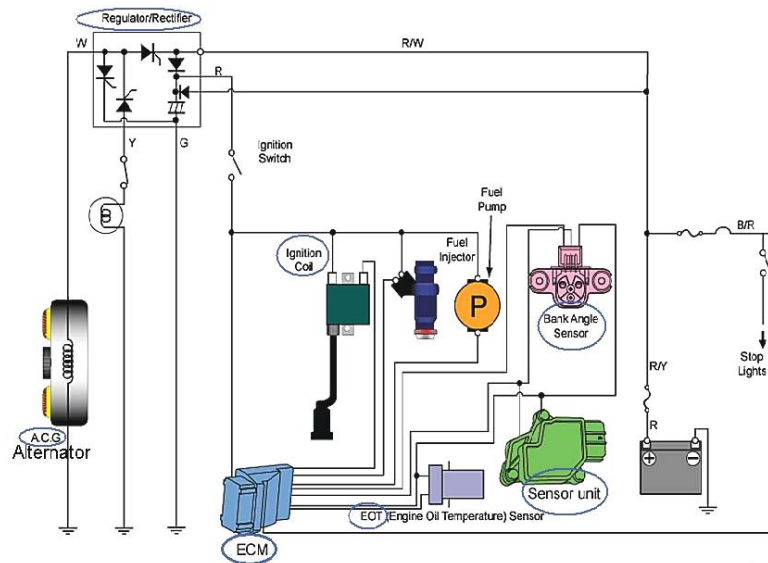
Terjadinya penyemprotan pada injektor adalah pada saat ECU memberikan tegangan listrik ke solenoid coil injektor. Dengan pemberian tegangan listrik tersebut solenoid coil akan menjadi magnet sehingga mampu menarik plunger dan mengangkat *needle valve* (katup jarum) dari dudukannya, sehingga saluran bahan bakar yang sudah bertekanan akan memancar keluar dari injektor. Penempatan injektor pada *throttle body* dapat dilihat pada gambar 2.12.



**Gambar 2.12.** Penempatan Injektor Pada *Throttle Body*  
(Unit Pelaksana Teknis Pelatihan Kerja Mojokerto, 2009)

### b. Sistem Kontrol Elektronik

Komponen sistem kontrol elektronik terdiri dari beberapa sensor (pengindera), seperti MAP (*Manifold Absolute Pressure*) sensor, TP (*Throttle Position*) sensor, IAT (*Intake Air Temperature*) sensor, *bank angle sensor*, EOT (*Engine Oil Temperature*) sensor, dan sensor-sensor lainnya. Pada sistem ini juga terdapat ECU (*Electronic Control Unit*) atau ECM dan komponen-komponen tambahan seperti alternator (magnet) dan regulator/*rectifier* yang mensuplai dan mengatur tegangan listrik ke ECU, baterai dan komponen lain. Pada sistem ini juga terdapat DLC (*Data Link Connector*) yaitu semacam soket dihubungkan dengan *engine analyzer* untuk mencari sumber kerusakan komponen. Rangkaian Sistem Kontrol Elektronik Supra X 125 dapat dilihat pada gambar 2.13.



**Gambar 2.13.** Rangkaian Sistem Kontrol Elektronik Supra X 125  
(Unit Pelaksana Teknis Pelatihan Kerja Mojokerto, 2009)



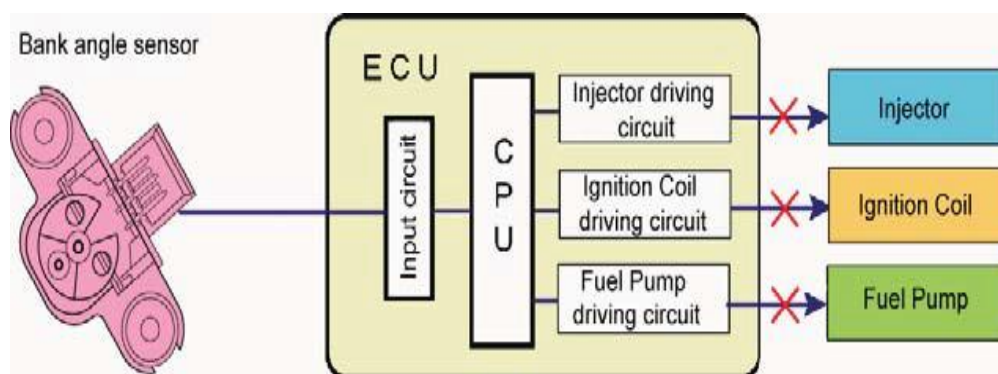
Secara garis besar fungsi dari masing-masing komponen sistem kontrol elektronik antara lain sebagai berikut;

- 1) *ECU/ECM*; menerima dan menghitung seluruh informasi/data yang diterima dari masing-masing sinyal sensor yang ada dalam mesin. Informasi yang diperoleh dari sensor antara lain berupa informasi tentang suhu udara, suhu oli mesin, suhu air pendingin, tekanan atau jumlah udara masuk, posisi katup *throttle*/katup gas, putaran mesin, posisi poros engkol, dan informasi yang lainnya. Pada umumnya sensor bekerja pada tegangan antara 0 volt sampai 5 volt. Selanjutnya *ECU/ECM* menggunakan informasi-informasi yang telah diolah tadi untuk menghitung dan menentukan saat (*timing*) dan lamanya injektor bekerja/menyemprotkan bahan bakar dengan mengirimkan tegangan listrik ke solenoid injektor. Pada beberapa mesin yang sudah lebih sempurna, disamping mengontrol injektor, *ECU/ECM* juga bisa mengontrol sistem pengapian.
- 2) *MAP (Manifold absolute pressure) sensor*; memberikan sinyal ke ECU berupa informasi (deteksi) tekanan udara yang masuk ke *intake manifold*. Selain tipe *MAP sensor*, pendeteksian udara yang masuk ke *intake manifold* bisa dalam bentuk jumlah maupun berat udara. Jika jumlah udara yang dideteksi, sensornya dinamakan *air flow meter*, sedangkan jika berat udara yang dideteksi, sensornya dinamakan *air mass sensor*.
- 3) *IAT (Engine air temperature) sensor*; memberikan sinyal ke ECU berupa informasi (deteksi) tentang suhu udara yang masuk ke *intake manifold*. Tegangan referensi/suplai 5 Volt dari ECU selanjutnya akan berubah menjadi tegangan sinyal yang nilainya dipengaruhi oleh suhu udara masuk.
- 4) *TP (Throttle Position) sensor*; memberikan sinyal ke ECU berupa informasi (deteksi) tentang posisi katup *throttle*/katup gas. Generasi yang lebih baru dari sensor ini tidak hanya terdiri dari kontak-kontak yang mendeteksi posisi idel/langsam dan posisi beban penuh, akan tetapi sudah merupakan potensiometer (*variable resistor*) dan dapat memberikan sinyal ke ECU pada setiap keadaan beban mesin. Konstruksi generasi terakhir dari sensor posisi katup gas sudah *full* elektronis, karena yang menggerakkan katup gas adalah

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

- 5) *Engine oil temperature sensor*; memberikan sinyal ke ECU berupa informasi (deteksi) tentang suhu oli mesin.
- 6) *Bank angle sensor*; merupakan sensor sudut kemiringan. Pada sepeda motor yang menggunakan sistem EFI biasanya dilengkapi dengan *bank angle* sensor yang bertujuan untuk pengaman saat kendaraan terjatuh dengan sudut kemiringan  $55^{\circ}$

Sinyal atau informasi yang dikirim *bank angle* sensor ke ECU saat sepeda motor terjatuh dengan sudut kemiringan yang telah ditentukan akan membuat ECU memberikan perintah untuk mematikan (meng-OFF-kan) injektor, koil pengapian, dan pompa bahan bakar. Dengan demikian peluang terbakarnya sepeda motor jika ada bahan bakar yang tercecer atau tumpah akan kecil karena sistem pengapian dan sistem bahan bakar langsung dihentikan walaupun kunci kontak masih dalam posisi ON. Sinyal atau informasi *bank angle* sensor ke ECU dapat dilihat pada gambar 2.14.



**Gambar 2.14.** Sinyal atau informasi *bank angle* sensor ke ECU  
(Unit Pelaksana Teknis Pelatihan Kerja Mojokerto, 2009)

### c. Sistem Induksi Udara

Komponen yang termasuk ke dalam sistem ini antara lain; *air cleaner/air box* (saringan udara), *intake manifold*, dan *throttle body* (tempat katup gas). Sistem ini berfungsi untuk menyalurkan sejumlah udara yang diperlukan untuk pembakaran. Konstruksi *throttle body* dapat dilihat pada gambar 2.15.



**Gambar 2.15.** Konstruksi *Throttle Body*  
(Unit Pelaksana Teknis Pelatihan Kerja Mojokerto, 2009)

## 2.8 Sistem Pengapian

Sistem pengapian (*ignition system*) merupakan salah satu sistem yang ada pada sebuah kendaraan bermotor. Generator adalah salah satu komponen pembangkit listrik untuk menghasilkan arus listrik yang berfungsi memberi arus bagi sistem penerangan, pengisian, signal, dan sistem pengapian juga dibutuhkan untuk proses kerja mesin, dimana arus listrik yang dihasilkan berasal dari kinerja putaran magnet yang mengelilingi kumparan-kumparan (*sepul*) dan mengakibatkan terjadinya induksi elektromagnetik. Ada dua macam tipe pengapian, yaitu; sistem pengapian AC dan DC. Sistem pengapian AC adalah sistem pengapian secara langsung, besar kecilnya arus yang dihasilkan bergantung pada putaran mesin (*rpm*). Arus dihasilkan oleh generator dan diteruskan melalui komponen pengapian guna menghasilkan loncatan bunga api untuk menggerakkan sistem kerja mesin. Sedangkan sistem pengapian DC adalah sistem pengapian searah (*konstant*). Yang arus listriknya berasal dari bertegangan AC lalu dirubah dengan menggunakan kiprok (*rectifier/regulator*), di mana kiprok

(*rectifier/regulator*) berfungsi sebagai penyearah dengan merubah arus bertegangan AC menjadi arus bertegangan DC dan berfungsi mengatur kestabilan arus listrik dari generator ke unit kelistrikan agar tidak terjadi kelebihan tegangan.

### 2.8.1 ECU (*Electronic Control Unit*)

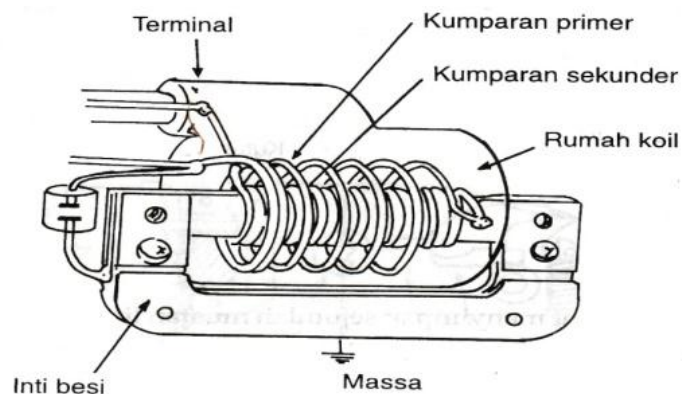
ECU (*Engine Control Unit*) adalah sebuah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengatur operasi dari *internal combustion engine*. Manfaat menggunakan ECU ini akan menyebabkan waktu pengapian dan penyemprotan bahan bakar lebih presisi. Ada beberapa cara untuk memperoleh pembakaran yang sempurna diantaranya adalah mengontrol jumlah bahan bakar ke dalam mesin sehingga massa bahan bakar dapat diatur sesuai dengan kebutuhan mesin dan mengontrol proses pembakaran dengan *timing advance* pengapian yang tepat sehingga seluruh campuran bahan bakar dengan udara terbakar sempurna. ECU bekerja secara *digital logic* dengan sebuah *mikrokontroller* yang berfungsi mengolah data dengan proses membandingkan dan mengkalkulasi data untuk disesuaikan oleh kebutuhan mesin. Pengolahan data dari berbagai sensor-sensor yaitu *throttle position sensor* (TPS), *Intake Air Temperature sensor* (IATS), *Manifold Air Pressure* (MAP), *Crank Position Sensor*, dan *coolant temperature sensor*. Informasi dari sensor-sensor tersebut akan diproses oleh *mikrokontroller* untuk memerintah *actuator* yaitu *injector*, *coil*, *fuel pump*, dan *fan*. ECU (*Electronic Control Unit*) dapat dilihat gambar 2.16.



**Gambar 2.16.** ECU (*Electronic Control Unit*)

### 2.8.2 Pengertian *Coil* / koil

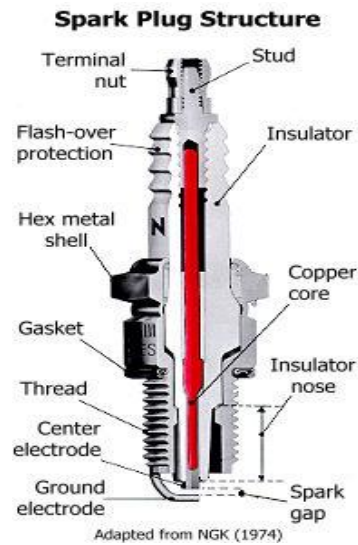
Koil (*coil*) berfungsi untuk menyimpan energi pengapian dan menyalurkannya dalam bentuk gelombang tinggi melalui kabel pengapian tegangan tinggi (Daryanto, 2004). *Coil* meningkatkan tegangan yang keluar dari koil menjadi lebih tinggi untuk diberikan ke busi. Karena itu koil termasuk jenis transformator *step up*. Transformator *step up* yaitu jenis transformator yang jumlah lilitan sekunder lebih besar atau lebih banyak dibandingkan jumlah lilitan kumparan primer. Kebalikan dari transformator *step up* yaitu transformator *step down*. Induksi tegangan dalam satu kumparan yang disebabkan pengaruh dari arus yang berubah-ubah melalui kumparan yang lain maka kedua kumparan tersebut akan saling berinduksi antara satu dengan yang lain yang disebut mutual induksi. Koil dapat dilihat gambar 2.17.



**Gambar 2.17.** Koil  
(Daryanto, 2008)

### 2.8.3 Busi

Busi adalah salah satu alat pemercik api, ada beberapa macam bahan elektroda busi dan masing-masing memberikan sifat yang berbeda. Bahan elektroda dari perak mempunyai kemampuan menghantarkan panas yang baik. Tetapi karena harga perak mahal maka diameter elektroda tengah dibuat kecil. Busi ini umumnya digunakan untuk mesin berkemampuan tinggi atau balap. Bahan elektroda dari platina tahan karat, tahan terhadap panas yang tinggi serta dapat mencegah penumpukan sisa pembakaran. Busi dapat dilihat gambar 2.18.



**Gambar 2.18. Busi**  
(Unit Pelaksana Teknis Pelatihan Kerja Mojokerto, 2009)

## 2.9 Bahan Bakar

Bahan bakar adalah suatu cairan yang sangat dibutuhkan guna untuk kerja mesin, di mana sistem kerja mesin dilakukan dengan membakar bahan bakar yang dihisap melalui fuel pump kemudian dikabutkan oleh *nozzle* dan sudah dipadatkan didalam ruang bakar dengan menggunakan penyalaan api busi.

### 2.9.1 Pertalite

Varian bahan bakar terbaru pertamina yang telah hadir di 34 Kota/Kabupaten. Memiliki level *research octane number* (RON) 90, Pertalite membuat pembakaran pada mesin kendaraan dengan teknologi terkini lebih baik dibandingkan dengan Premium yang memiliki RON 88. Pertalite sesuai untuk digunakan kendaraan bermotor roda dua hingga kendaraan *multi purpose vehicle* ukuran menengah. Kesesuaian oktan 90 pertalite dengan perbandingan kompresi kebanyakan kendaraan beroperasi sesuai dengan rancangannya. Perbandingan *Air Fuel Ratio* yang lebih tinggi dengan konsumsi bahan bakar menjadikan kinerja mesin lebih optimal dan efisien untuk menempuh jarak lebih jauh karena biaya operasi bahan bakar dalam Rp/Km akan lebih hemat. Kesesuaian angka oktan pertalite dan aditif yang dikandungnya dengan spesifikasi mesin akan

menghasilkan performa mesin yang jauh lebih baik dibandingkan ketika menggunakan Oktan 88. Hasilnya adalah tarikan lebih ringan, kecepatan yang lebih tinggi serta emisi gas buang yang lebih bersih. Hal ini akan menjadikan kendaraan lebih lincah dalam bermanuver serta lebih ramah lingkungan. Pertalite dapat dikategorikan sebagai bahan bakar kendaraan yang memenuhi syarat dasar *durability*/ketahanan, dimana hal ini tidak akan menimbulkan gangguan serta kerusakan mesin, karena kandungan oktan 90 lebih sesuai dengan perbandingan kompresi kebanyakan kendaraan bermotor yang beredar di Indonesia.

## 2.10 Prestasi Motor Bakar

Pada umumnya prestasi mesin bisa diketahui dengan membaca dan menganalisis parameter yang ditulis dalam sebuah laporan. Biasanya untuk mengetahui daya, torsi, dan bahan bakar spesifik dari mesin tersebut.

Secara umum daya berbanding lurus dengan luas piston sedang torsi berbanding lurus dengan volume langkah. Parameter tersebut relatif penting digunakan pada mesin yang berkemampuan kerja dengan variasi kecepatan operasi dan tingkat pembebanan. Daya maksimum didefinisikan sebagai kemampuan maksimum yang bisa dihasilkan oleh suatu mesin. Adapun torsi poros pada kecepatan tertentu mengindikasikan kemampuan untuk memperoleh aliran udara (dan juga bahan bakar) yang tinggi kedalam mesin pada kecepatan tersebut. Sementara suatu mesin dioperasikan pada waktu yang cukup lama, konsumsi bahan bakar suatu efisiensi mesinnya menjadi suatu hal yang dirasa sangat penting. (Heywood, 1988).

### 2.10.1 Volume Silinder

Volume silinder antara TMA dan TMB disebut volume langkah torak ( $V_l$ ). Sedangkan volume TMA dan kepala silinder (tutup silinder) disebut volume sisa ( $V_s$ ). Volume total ( $V_t$ ) ialah isi ruang antara torak ketika berada di TMB sampai tutup silinder.

$$V_t = V_l + V_s \dots\dots\dots(2.1)$$

Volume langkah mempunyai satuan yang tergantung pada satuan diameter silinder (D) dan panjang langkah torak (L) biasanya mempunyai satuan *centimetercubic* (cc) atau *cubicinch* (cu.in).

$V_l = \text{luas lingkaran} \times \text{panjang langkah}$

$$V_l = \pi r^2 \cdot L$$

$$V_l = \pi \left(\frac{1}{2}D\right)^2 \cdot L$$

Dengan demikian besaran dan ukuran motor bakar menurut volume silinder tergantung dari banyaknya silinder yang digunakan dan besarnya volume silinder (Kiyaku & Murdhana, 1999).

### 2.10.2 Perbandingan Kompresi

Rasio kompresi adalah perbandingan antara volume langkah torak dibandingkan dengan volume ruang bakar saat torak pada posisi TMA. Besaran ruang bakar ini nantinya akan sangat menentukan dalam tugas menampung volume udara – bahan bakar yang sudah dihisap oleh torak kemudian dipadatkan di ruang bakar sebelum akhirnya terjadi proses pembakaran, inilah yang disebut dengan rasio kompresi.

$$CR = \frac{\frac{\pi}{4}b^2s + V_c}{V_c} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan ;  $b$  = Diameter torak (*bore*)

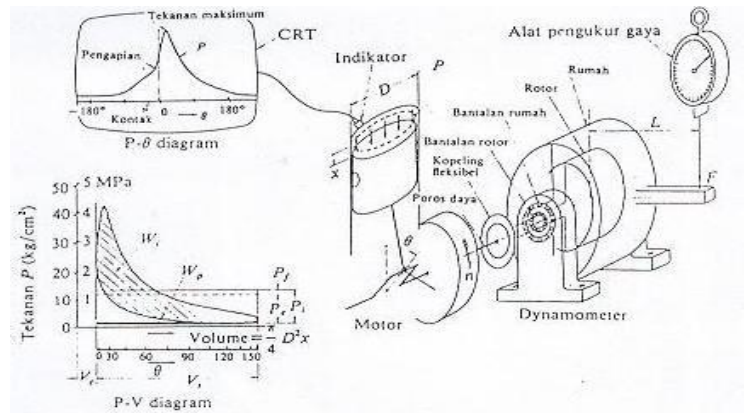
$s$  = Langkah torak (*stroke*)

$V_c$  = Volume ruang bakar + volume *paking cyiliner head*

### 2.10.3 Daya Mesin

Pada motor bakar, daya yang berguna adalah daya poros. Daya poros diitimbulkan oleh bahan bakar yang dibakar dalam silinder dan sekanjutnya menggerakkan semua mekanisme. Unjuk kerja motor bakar pertama-tama tergantung dari daya yang ditimbulkan (Soenarto & Furuhamma, 1995).





**Gambar 2.19.** Alat Tes Prestasi Motor Bakar  
(Soenarta & Furuham, 1995)

Pada gambar 2.19 menunjukkan peralatan yang dipergunakan untuk mengukur nilai yang berhubungan dengan keluaran motor pembakaran yang seimbang dengan hambatan atau beban pada kecepatan putaran konstan ( $n$ ). Jika  $n$  berubah motor pembakaran menghasilkan daya untuk mempercepat atau memperlambat bagian yang berputar.

Motor pembakaran ini dihubungkan dengan dinamometer dengan maksud mendapatkan keluaran dari motor pembakaran dengan cara menghubungkan poros motor yang akan mengaduk air yang di dalamnya. Hambatan ini akan menimbulkan torsi ( $T$ ) sehingga nilai daya ( $P$ ) dapat ditentukan sebagai berikut :

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{6000} \text{ (kW)} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

$N$  = putaran mesin (rpm)

$T$  = torsi (N.m)

Torak yang didorong oleh gas membuat usaha. Baik tekanan maupun suhunya akan turun waktu gas berekspansi. Energi panas diubah menjadi usaha mekanis. Konsumsi energi panas di tunjukkan langsung oleh turunnya suhu.

Kalau toraknya tidak mendapatkan hambatan dan tidak menghasilkan usaha gas tidak akan berubah meskipun tekanannya turun.

#### 2.10.4 Tekanan Efektif rata-rata

Besar nilai  $P_i$  merupakan tekan efektif rata-rata indikator (*indikator mean effective pressure* : IMEP). Nilai  $P_i$ , dapat di temukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_i = \frac{W_i}{V_s} \dots\dots\dots(2.4)$$

Pada tekanan konstan selama torak pada langkah ekspensi  $P_i$  dapat memudahkan perhitungan besar usaha indikator  $W_i$ . Besar nilai  $P_i$  mesin 4 langkah terjadi setiap 2 putaran sehingga besar nilai  $N_i$  indikator dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut : Dengan satuan Si ( $m^3$ , kPa dan rps).

$$N_i = V_1 \cdot P_i^{n/2} \text{ (kW)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dengan :

$V_1$  = volume langkah ( $m^3$ )

$P_i$  = tekanan efektif rata-rata indikator (kPa)

$n$  = putaran mesin (rpm)

Pada mesin 2 langkah nilai  $P_i$  dihasilkan pada setiap putaran, secara teoritis nilai  $N_i$  akan menjadi dua kali lebih besar jika dibandingkan dengan persamaan 4, tetapi pada umumnya besar nilai  $P_i$  pada mesin 2 langkah lebih kecil dibanding dengan mesin 4 langkah. Nilai  $N_i$  disebut sebagai keluaran indikator yang menyatakan keluaran, disebabkan adanya tekanan pada torak.

Daya yang dapat dimanfaatkan untuk memutar mesin disebut sebagai keluaran efektif (*brake mean out put*), nilai  $N_e$  dirumuskan sebagai berikut :

$$N_e = V_1 \cdot N \cdot BMEP \cdot 2 \text{ (kW)} \dots\dots\dots(2.6)$$

Besar keluaran efektif dapat diukur menggunakan sebuah dinamometer. Nilai BMEP adalah merupakan tekanan efektif rata-rata (*brake mean effective*

*pressure*). Besar nilai  $N_e$  yang ditentukan oleh produk dari volume langkah  $V_1$ , kecepatan putaran dan BMEP yang berhubungan dengan tekanan gas rata-rata merupakan keluaran suatu pembakaran yang bermanfaat. BMEP adalah besar nilai yang menunjukkan daya mesin setiap satuan volume silinder pada putaran tertentu dan tidak tergantung dari ukuran motor bakar (Soenarta & Furuham, 1995).

Besar nilai BMEP dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{BMEP} = \frac{60.P.z}{V_d.n} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dengan :

$P$  = daya (kW)

$V_d$  = volume langkah total silinder

$Z$  = 2 untuk mesin 4 langkah, 1 untuk mesin 2 langkah

## 2.11 Menentukan Efisiensi Energi

### 2.11.1 Efisiensi Thermis

Perbandingan antara energi yang dihasilkan dan energi yang dimasukkan pada proses pembakaran bahan bakar disebut efisiensi thermis rem (*brake thermal efficiency*) dan ditentukan sebagai berikut :

$$\eta_{bt} = \frac{860}{SFC.H} \times 100 (\%) \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan :

$H$  = nilai kalor untuk bahan bakar

$SFC$  = konsumsi bahan bakar spesifik

(Soenarta & Furuham, 1995)

Nilai kalor mempunyai hubungan dengan berat jenis. Pada umumnya semakin tinggi berat jenis maka semakin rendah nilai kalornya (Kyaku & Murdhana, 1998).

Besar efisiensi thermis ( $\eta_{bt}$ ) bervariasi tergantung dari tipe motor dan cara pengoperasiannya. Angka ini akan naik sampai 84% untuk motor diesel dengan

putaran rendah, sedang pada motor diesel biasanya 34-50 %, motor otto 25 – 33%, pada motor dua langkah maka akan semakin tirin lagi (Soenarta & Furuham, 1995).

### 2.11.2 Konsumsi Bahan Bakar

Besar pemakaian konsumsi bahan bakar (*SFC/Spesifik Fuel Consumption*) Ditentukan dalam g/kWh. Konsumsi bahan bakar spesifik adalah pemakaian bahan bakar yang terjadi perjam untuk setiap daya yang dihasilkan pada motor bakar (Aris Munandar, 2002)

$$SFC = \frac{m_f}{P} \left( \frac{kg}{kWh} \right) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dengan :

SFC = konsumsi bahan bakar sfesifik (kg/kWh)

P = daya mesin (kW)

Sedangkan nilai  $m_f$  dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$m_f = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} [Kg / jam] \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana :

b = volume gelas ukur (cc)

t = waktu (detik)

$\rho_{bb}$  = berat jenis bahan bakar (kg / l)

$m_f$  = adalah penggunaan bahan bakar per jam pada kondisi tertentu

(Soenarta & Furuham, 1995)

Nilai kalor mempunyai hubungan berat jenis pada umumnya semakin tinggi berat jenis maka semakin rendah kalornya. Pembakaran dapat berlangsung dengan sempurna, tetapi juga dapat tidak sempurna. Jika bahan bakar tidak mengandung bahan-bahan yang tidak dapat terbakar, maka pembakaran akan sempurna sehingga hasil pembakaran berupa gas pembakaran saja.

Panas yang keluar dari pembakaran dalam silinder, motor akan memanaskan gas pembakaran sedemikian tinggi, sehingga gas-gas itu memperoleh tekanan yang lebih tinggi pula. Tetapi bilamana bahan bakar tidak terbakar dengan sempurna, sebagian bahan bakar itu akan tersisa. Dengan demikian akan terjadi pembakaran gas yang tersisa, apabila dibiarkan lama kelamaan akan menjadi liat bahkan menjadi keras. Akibatnya, panas yang terjadi tidak banyak, sehingga suhu dari gas pembakaran turun dan tekanan gas akan turun pula. Jadi dapat disimpulkan bahwa pembakaran yang kurang sempurna dapat berakibat :

1. Kerugian panas dalam motor jadi besar, sehingga efisiensi motor menjadi turun. Usaha dari motor turun pula pada penggunaan bahan bakar yang tetap.
2. Sisa pembakaran terdapat pula pada lubang pembuangan antara katup dan dudukannya, terutama pada katup buang sehingga katup tidak dapat menutup dengan rapat.
3. Sisa pembakaran yang telah menjadi keras yang melekat antara torak dan dinding silinder menghalangi pelumasan, sehingga torak dan silinder mudah aus.