

ISSN 1693 - 3745

# PROFESIONAL

JURNAL ILMIAH POPULER DAN TEKNOLOGI TERAPAN



Volume 5, Nomor 2, November 2007

DITERBITKAN OLEH PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN, FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

- HIDROGEN SEBAGAI BAHAN BAKAR YANG TERBARUKAN  
*Astrilia Damayanti* 661 - 671
- MENINGKATKAN ARUS PRIMER KOIL SISTEM PENGAPIAN  
KONVENSIIONAL DENGAN TRANSISTOR ASSISTED CONTACT (TAC)  
*Dwi Widjanarko* 672 - 682
- PENGARUH PROSES KARBURISING MENGGUNAKAN MEDIA  
ARANG LIMBAH KAYU JATI TERHADAP  
KEKERASAN BAJA EMS 45  
*Rusiyanto, Widi Widayat, Danang Dwi Saputro* 683 - 691
- APLIKASI TEKNOLOGI INJEKSI BAHAN BAKAR ELEKTRONIK (EFI)  
UNTUK MENGURANGI EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR  
*Beni Setya Nugraha, Joko Sriyanto* 692 - 706
- MEKANISASI MESIN UNTUK AKSELERASI  
WAKTU PELUMATAN BAHAN BAKU TERASI  
*Muhammad Khumaedi* 707 - 718
- BIOMASSA SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF  
TERBARUKAN DI INDONESIA  
*Danang Dwi Saputro, S.T. , Widi Widayat, S.T. M.T.* 719 - 726
- ZIRCONIA TOUGHENED CERAMICS (ZTC)  
PADA MATERIAL ALUMINA (ZTA)  
*Rahmat Doni Widodo* 727 - 740
- 
-

# APLIKASI TEKNOLOGI INJEKSI BAHAN BAKAR ELEKTRONIK (EFI) UNTUK MENGURANGI EMISI GAS BUANG SEPEDA MOTOR

**Beni Setya Nugraha, S.Pd.T.\***

Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta

*This study is about using electronic fuel injection system at 4 stroke motorbike system. The objectives is to know the difference of gas emission motorbike with the electronic fuel injection system and motorbike without electronic fuel injection system.*

*The result of study show that the CO and HC on the gas emission motorbike with electronic fuel injection system using was reduced by 22% and 55%.*

*Keywords: electronic fuel injection, gas emission motorbike, air fuel ratio.*

## **I. Pendahuluan**

Sepeda motor merupakan alat transportasi yang paling efektif untuk masyarakat Indonesia, selain harganya terjangkau sepeda motor dapat digunakan di berbagai medan jalan. Semakin banyaknya penggunaan sepeda motor sebagai sarana transportasi telah menyebabkan polusi udara, yang tidak hanya terjadi di kota-kota besar seperti Jakarta, melainkan terjadi hampir di setiap daerah.

Polusi udara yang berasal dari emisi gas buang kendaraan bermotor diperparah oleh semakin banyaknya jumlah kendaraan terutama sepeda motor, hal ini menyebabkan pencemaran udara secara global dan telah menjadi masalah yang rumit. Salah satu usaha yang dilakukan untuk mengatasi masalah ini adalah dengan menetapkan ambang batas emisi gas buang kendaraan lewat peraturan pemerintah. Begitu rumitnya permasalahan polusi udara yang disebabkan oleh emisi gas buang kendaraan bermotor khususnya sepeda motor mendorong usaha perlunya mencari terobosan baru untuk mengantisipasi masalah tersebut.

Emisi gas buang kendaraan bermotor disebabkan oleh tidak sempurnanya proses pembakaran di dalam silinder motor sehingga dihasilkan gas dan partikel sisa pembakaran atau emisi gas buang yang mengandung unsur polutan yang berbahaya bagi kesehatan. Salah satu usaha untuk menjawab masalah tersebut adalah dengan menerapkan teknologi yang mampu mengurangi/menekan tingkat polusi yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan bermotor, terutama pada penyempurnaan proses pembakaran sehingga diharapkan gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor tersebut tidak lagi berbahaya bagi kesehatan.

## **II. Fundamental**

### **A. Proses Pembakaran Pada Motor Bensin**

Pada motor bensin, energi gerak diperoleh dari proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar di dalam suatu ruang bakar. Proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar akan menghasilkan panas dan tekanan. Motor bensin yang digunakan pada umumnya adalah motor bakar torak (motor jenis piston), dimana energi hasil pembakaran yang berupa panas dan tekanan tinggi diubah menjadi energi gerak dengan cara menekan/mendorong torak. Gerakan bolak-balik dari torak diteruskan melalui batang penggerak ke poros engkol untuk diubah menjadi energi gerak putar.

Karena proses pembakaran berlangsung dalam temperatur tinggi, bahan bakar motor bensin harus memiliki beberapa persyaratan, diantaranya : (1) memiliki daya kalor tinggi (*high caloric power*), (2) tidak menimbulkan polusi dalam jumlah yang besar, dan (3) aman, murah dan mudah didapat untuk konsumsi umum. Bahan bakar yang digunakan pada motor bensin adalah bensin/*gasolin* ( $C_8H_{18}$ ). Bensin merupakan cairan yang sangat mudah terbakar, bening dan tidak berwarna dengan baunya yang khas, sangat mudah menguap dan mengandung campuran *hydrocarbon* yang esensial. Secara umum bensin mempunyai berat jenis (*specific gravity*) 0,27 – 0,77, nilai kalor yang rendah (10.400 – 11.000 kcal/kg), nilai oktan 85 – 100, titik pengapian mendekati 500°C dan titik nyala api –25°C atau lebih.

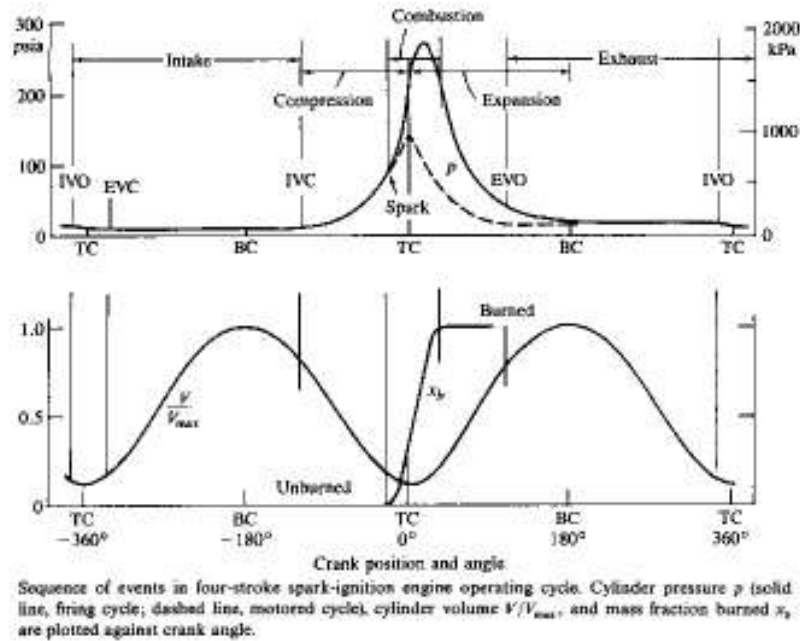
Sifat mudah menguap dari bensin sangat diperlukan karena bensin yang masuk kedalam silinder harus berbentuk gas untuk memudahkannya bercampur dengan udara secara homogen. Nilai oktan adalah suatu bilangan yang menunjukkan kemampuan bertahan suatu bensin terhadap detonasi (Wardan Suyanto, 1989:132). Bensin dengan angka oktan lebih tinggi dapat dipakai pada motor dengan kompresi yang lebih tinggi, sehingga menghasilkan tenaga yang lebih tinggi pula. Motor dengan kompresi tinggi menggunakan bensin yang beroktan rendah akan menyebabkan terjadinya detonasi sehingga tenaga yang dihasilkan akan rendah disamping terjadi kerusakan pada komponen motor.

Proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar pada motor bensin (4 tak) dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Campuran udara dan bahan bakar yang telah tercampur secara homogen dimasukkan ke dalam ruang bakar dengan cara dihisap oleh gerakan torak.
2. Torak bergerak maju menekan campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar untuk menaikkan temperatur dan tekanan di dalam ruang bakar.
3. Proses pembakaran dimulai saat busi memercikkan bunga api di dalam silinder yang berisi campuran udara dan bahan bakar yang telah dimampatkan oleh gerak maju torak. Percikan bunga api oleh busi yang dipasang pada suatu tempat pada ruang bakar terjadi dalam waktu yang sangat singkat dan menyalakan campuran udara dan bahan bakar dalam ruang bakar. Meskipun loncatan bunga api listrik sangat singkat dan total energinya kecil, akan tetapi dengan tegangan yang sangat tinggi yaitu sekitar  $\pm 15.000$  volt antara elektroda busi yang mempunyai suhu sangat tinggi akan mampu menimbulkan aliran arus listrik pada molekul-molekul campuran udara dan bahan bakar yang kerapatannya sangat tinggi (H. Schuring dan Alserda, 1982). Saat busi memercikkan bunga api diperlukan waktu sesaat agar campuran udara dan bahan bakar bereaksi sehingga terjadi penundaan pembakaran, periode tenggang waktu ini disebut *ignition delay period* (keterlambatan pembakaran), setelah itu pembakaran baru dimulai dan penyebaran apinya dilanjutkan ke seluruh bagian dari silinder tersebut. Menurut Obert yang dikutip oleh Wardan Suyanto (1989), daerah dimana terjadinya tekanan pembakaran maksimal sekitar 5° sampai 10° setelah TMA. Pada daerah tersebut kemungkinan paling efektif untuk mendorong piston. Daerah tersebut harus dipertahankan dalam setiap keadaan, baik pada saat motor berputar lambat maupun saat berputar cepat.
4. Campuran udara dan bahan bakar terbakar di dalam ruang bakar sehingga menghasilkan lonjakan temperatur dan tekanan yang sangat tinggi. Gas hasil pembakaran yang bertemperatur dan bertekanan tinggi akan menekan ke

segala arah namun satu-satunya dinding penahan yang memungkinkan dapat bergerak hanyalah torak, maka gas hasil pembakaran akan mendorong torak. Gerakan bolak-balik dari torak diteruskan melalui batang penggerak ke poros engkol untuk diubah menjadi energi gerak putar.

5. Gas sisa hasil pembakaran akan dibuang keluar dari ruang bakar (ke udara bebas) melalui saluran pembuangan sehingga menghasilkan emisi gas buang. Gambar berikut ini menunjukkan proses pembakaran di dalam siklus kerja motor bensin 4 tak.

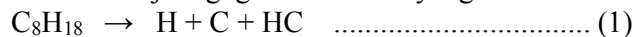


Gambar 1. Proses Pembakaran di dalam Siklus Kerja Motor Bensin 4 Tak. (Heywood, John B., 1988: 18)

## B. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang merupakan polutan yang mengotori udara yang dihasilkan oleh gas buang kendaraan (Wardan Suyanto, 1989:345). Gas buang kendaraan yang dimaksudkan di sini adalah gas sisa proses pembakaran yang dibuang ke udara bebas melalui saluran buang kendaraan. Terdapat empat emisi pokok yang dihasilkan oleh kendaraan. Adapun keempat emisi tersebut adalah senyawa Hidrokarbon (HC), Karbon Monoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>), dan partikel-partikel yang keluar dari gas buang.

1. Senyawa Hidrokarbon (HC), terjadi karena bahan bakar belum terbakar tetapi sudah terbuang bersama gas buang akibat pembakaran kurang sempurna dan penguapan bahan bakar. Senyawa Hidrokarbon (HC) dibedakan menjadi dua yaitu bahan bakar yang tidak terbakar sehingga keluar menjadi gas mentah, serta bahan bakar yang terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC lain yang keluar bersama gas buang.



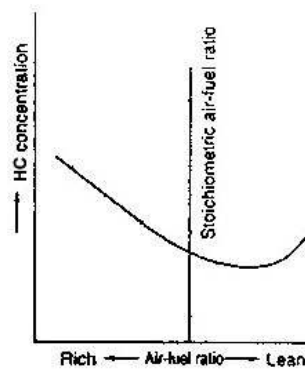
Timbulnya HC secara umum disebabkan oleh :

- a. Api yang dihasilkan busi pada ruang pembakaran bergerak sangat cepat tetapi temperatur di sekitar dinding ruang bakar rendah. Hal ini mengakibatkan campuran bahan bakar dan udara di daerah yang bertemperatur rendah tersebut gagal terbakar (*quenching zone*).

Campuran bahan bakar yang tidak terbakar tersebut kemudian terdorong keluar oleh torak menuju ke saluran buang.

- b. Pada saat deselerasi, katup gas (throttle valve/skep) menutup sehingga serta terjadi engine brake padahal putaran mesin masih tinggi. Hal ini akan menyebabkan adanya hisapan bahan bakar secara besar-besaran, campuran menjadi sangat kaya dan banyak bahan bakar yang tidak terbakar terbuang. (pada sistem bahan bakar karburator)
- c. Langkah *overlapping* (katup masuk dan buang bersama-sama terbuka) terlalu panjang sehingga HC berfungsi sebagai gas pembilas/pembersih (terjadi khususnya pada putaran rendah, sistem bahan bakar karburator).

Senyawa HC akan berdampak terasa pedih di mata, mengakibatkan tenggorokan sakit, penyakit paru-paru dan kanker. Grafik hubungan antara campuran bahan bakar-udara dan HC dapat dicermati pada gambar di bawah ini.

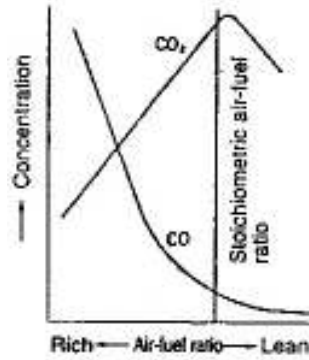


Gambar 2. Hubungan Antara Campuran Bahan Bakar-Udara dan HC

- 2. Karbonmonoksida (CO), tercipta dari bahan bakar yang terbakar sebagian akibat pembakaran yang tidak sempurna ataupun karena campuran bahan bakar dan udara yang terlalu kaya (kurangnya udara). Unsur Carbon di dalam bahan bakar akan terbakar dalam suatu proses sebagai berikut :



CO yang dikeluarkan dari sisa hasil pembakaran banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran bahan bakar dan udara yang dihisap oleh mesin. Untuk mengurangi CO perbandingan campuran ini harus dibuat kurus, tetapi cara ini mempunyai efek samping yang lain, yaitu NOx akan lebih mudah timbul dan tenaga yang dihasilkan mesin akan berkurang. CO sangat berbahaya karena tidak berwarna maupun berbau, mengakibatkan pusing, mual, gangguan napas, bahkan dapat mengakibatkan kematian. Grafik hubungan antara campuran bahan bakar-udara, CO dan CO<sub>2</sub> dapat dicermati pada gambar di bawah ini.

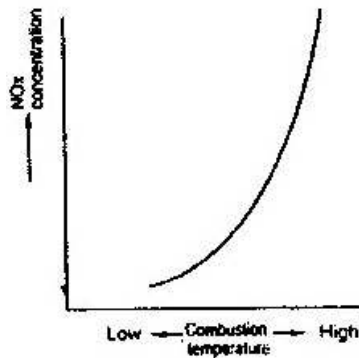


Gambar 3. Hubungan Antara Campuran Bahan Bakar-Udara, CO dan CO<sub>2</sub>

3. Nitrogen Oksida (NO<sub>x</sub>), merupakan emisi gas buang yang dihasilkan akibat suhu kerja yang tinggi. Udara yang digunakan untuk pembakaran sebenarnya mengandung unsur Nitrogen 80%. Pada temperatur tinggi (>1370<sup>0</sup>C), Nitrogen bersatu dengan campuran bahan bakar dan membentuk senyawa NO<sub>x</sub>. NO<sub>x</sub> disebabkan oleh reaksi unsur-unsur N<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> pada temperatur 1800 - 2000 °C seperti dibawah ini :



Gas NO yang terkandung di dalam udara mudah berubah menjadi NO<sub>2</sub>. NO<sub>x</sub> terbentuk dalam proses pembakaran pada mesin karena temperatur saat proses pembakaran melebihi 2000 °C. Dalam motor bensin, pada umumnya produksi NO<sub>x</sub> meningkat secara cepat mengikuti grafik kurva melengkung bersamaan dengan meningkatnya suhu seperti terlihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Hubungan Antara Temperatur Ruang Bakar dan NO<sub>x</sub>  
NO<sub>x</sub> dalam gas buang terdiri dari 95 % NO, 3-4 % NO<sub>2</sub>, dan sisanya N<sub>2</sub>O, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dan sebagainya.

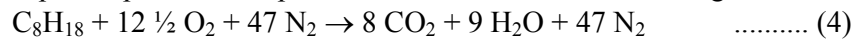
Senyawa HC, CO, dan NO<sub>x</sub> merupakan gas beracun yang terdapat dalam gas bekas kendaraan, sedangkan gas bekas kendaraan sendiri umumnya terdiri dari gas yang tidak beracun seperti N<sub>2</sub> (Nitrogen), CO<sub>2</sub> (gas karbon) dan H<sub>2</sub>O (uap air). Komposisi dari gas buang kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin adalah 72% N<sub>2</sub>, 18,1% CO<sub>2</sub>, 8,2% H<sub>2</sub>O, 1,2% Gas Argon (gas mulia), 1,1% O<sub>2</sub>, dan 1,1% gas beracun yang terdiri dari 0,13% NO<sub>x</sub>, 0,09% HC, dan 0,9% CO. Gas buang yang beracun merupakan sebagian kecil dari volume gas bekas kendaraan bermotor yang menyebabkan polusi udara.

Polusi yang disebabkan oleh gas buang kendaraan selain mengotori udara juga menyebabkan peningkatan suhu udara yang dapat menyebabkan pemanasan

global atau efek rumah kaca (*greenhouse effect*). Efek rumah kaca menyebabkan terserapnya pancaran gas oleh gas-gas rumah kaca seperti uap air (H<sub>2</sub>O) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sehingga tidak terlepas ke luar angkasa. Hal itu akan menyebabkan panas tersebut terperangkap di troposfir dan akhirnya meningkatkan suhu troposfir dan bumi.

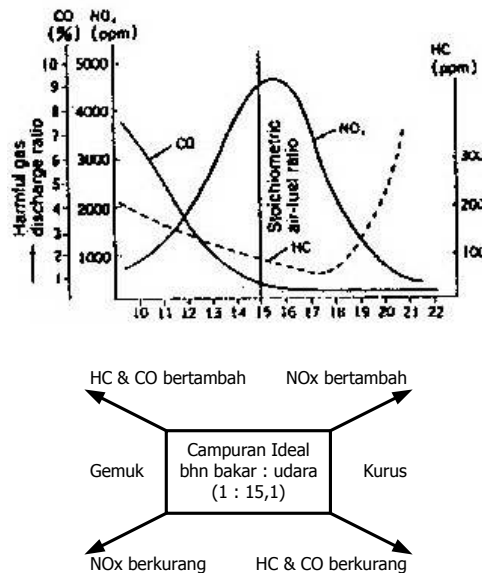
### C. Campuran Bahan Bakar dan Udara

Pembakaran di dalam silinder merupakan reaksi kimia antara unsur yang terkandung di dalam campuran bahan bakar dan udara, yaitu *hydrocarbon* dengan oksigen yang diikuti dengan timbulnya tekanan dan panas. Tekanan dan panas yang dihasilkan dalam proses pembakaran dimanfaatkan untuk menghasilkan tenaga. Proses pembakaran di dalam silinder dipengaruhi banyak faktor, diantaranya : tekanan kompresi, sistem pengapian, konstruksi ruang bakar, mekanisme katup, dan perbandingan campuran bahan bakar dan udara. Perbandingan teoritis campuran bahan bakar dan udara yang ideal adalah sebesar 1 (C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>) : 14,7 (O<sub>2</sub>) (dalam satuan berat). Secara kimiawi, proses pembakaran terjadi secara sempurna apabila unsur-unsur yang menghasilkan gas sisa pada proses pembakaran pada motor bensin dirumuskan sebagai berikut :



Proses pembakaran yang ideal akan menghasilkan emisi gas buang yang rendah. Dalam sebuah motor bensin, pembakaran campuran yang tidak sempurna seringkali mengakibatkan sisa campuran bahan bakar yang belum terbakar terbuang ke udara bebas sehingga masih mengandung unsur-unsur yang berbahaya bagi kesehatan.

Hubungan campuran bahan bakar-udara terhadap emisi gas buang yang dihasilkan adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Hubungan Campuran Bahan Bakar dan Udara terhadap Emisi Gas Buang

Berdasarkan gambar di atas, dapat dicermati bahwa secara umum jika komposisi campuran bahan bakar-udara kurus, kadar CO dan HC akan berkurang, tetapi NO<sub>x</sub> akan meningkat jika komposisi campuran bahan bakar-udara lebih kurus.



Jika campuran terlalu kurus, NO<sub>x</sub> akan menurun, akan tetapi HC akan meningkat secara mendadak karena adanya kegagalan proses pembakaran. Untuk campuran kaya, kadar NO<sub>x</sub> akan menurun tetapi kadar CO dan HC meningkat.

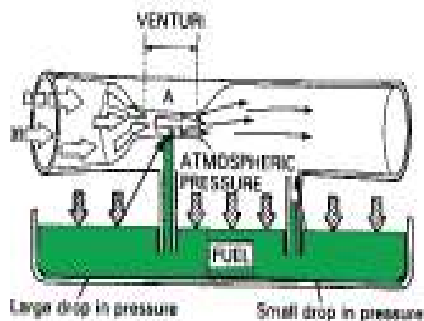
Meskipun banyak faktor yang mempengaruhi kandungan emisi gas buang, komposisi campuran bahan bakar-udara dan timing pengapian merupakan faktor dominan terhadap dihasilkannya emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran pada motor bensin.

#### D. Sistem Injeksi Bahan Bakar Elektronik (EFI System)

Campuran bahan bakar dan udara yang ideal di setiap kondisi kerja kendaraan bermotor memiliki pengaruh dominan dalam keberlangsungan proses pembakaran di dalam silinder yang akhirnya akan berpengaruh terhadap emisi gas buang yang dihasilkan.

Sistem bahan bakar pada motor bensin berfungsi untuk : (1) mengabutkan bahan bakar, (2) mencampur bahan bakar dan udara pada komposisi yang tepat sesuai dengan kondisi kerja mesin (Moch. Solikin, 2005: 1). Berdasarkan hal tersebut, penerapan teknologi sistem bahan bakar yang lebih baik diharapkan mampu meningkatkan ketepatan komposisi campuran bahan bakar dan udara sesuai dengan kondisi kerja mesin sehingga proses pembakaran berlangsung lebih baik dan emisi gas buang yang dihasilkan menjadi lebih rendah. Aplikasi teknologi injeksi bahan bakar elektronik (*Electronic Fuel Injection (EFI) System*) merupakan salah satu upaya meningkatkan kinerja sistem bahan bakar pada motor bensin, untuk menciptakan kendaraan yang rendah emisi.

Sistem bahan bakar pada motor bensin secara umum dibedakan menjadi 2 macam, yaitu : (1) sistem karburator, dan (2) sistem injeksi bahan bakar elektronik. Sistem bahan bakar karburator merupakan sistem bahan bakar konvensional yang bekerja secara mekanis. Karburator bekerja memanfaatkan prinsip tekanan negatif seperti diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 6. Prinsip Kerja Karburator.

Udara dialirkan ke dalam ruang bakar melalui ruangan karburator. Hal ini menyebabkan tekanan negatif dalam pipa pemasukan dan kecepatan udara bertambah pada saat udara melalui venturi. Udara yang mengalir melalui venturi akan mengakibatkan tekanan negatif sehingga bahan bakar terhisap dan bercampur dengan udara menuju ke dalam ruang bakar.

Kelemahan sistem bahan bakar karburator diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Komposisi campuran bahan bakar-udara yang kurang akurat karena dikontrol secara mekanis (hanya diatur oleh kevakuman di venturi). Pada saat putaran stationer, putaran rendah ataupun pada saat deselerasi komposisi

- campuran cenderung kaya sehingga emisi HC dan CO yang dihasilkan cenderung tinggi.
2. Posisi karburator terlalu jauh dari ruang bakar sedangkan uap bahan bakar lebih berat daripada udara, akan mengalami kesulitan ketika mengalir melalui belokan dan sudut-sudut tajam dari saluran isap (*intake manifold*) sehingga homogenitas campuran akan terganggu.
  3. Karburator tidak mampu mengalirkan campuran udara-bahan bakar dengan perbandingan yang sama untuk setiap silinder (untuk motor bensin dengan multi silinder). Akibatnya tenaga yang dikeluarkan pun tidak optimal.
  4. Sulit mendeteksi kerusakan yang terjadi.

Sistem injeksi bahan bakar elektronik dikembangkan untuk meningkatkan kinerja sistem bahan bakar pada motor bensin. Sistem injeksi bahan bakar elektronik adalah seperangkat alat untuk mensuplay bahan bakar yang diperlukan untuk pembakaran pada motor bensin. Sistem ini menggunakan beberapa sensor untuk mendeteksi kondisi mesin dan unit pengontrol (rangkaiian elektronik). Berdasarkan sinyal dari sensor-sensor yang ada, unit pengontrol akan mengatur jumlah bahan bakar yang akan di injeksikan ke dalam ruang bakar dengan komposisi perbandingan udara dan bahan bakar yang disesuaikan dengan kondisi kerja mesin. Jumlah bahan bakar yang dikabutkan merupakan fungsi dari kondisi operasi mesin yang dideteksi oleh berbagai sensor.

Sistem injeksi bahan bakar elektronik memiliki beberapa keunggulan dibandingkan sistem bahan bakar karburator, diantaranya :

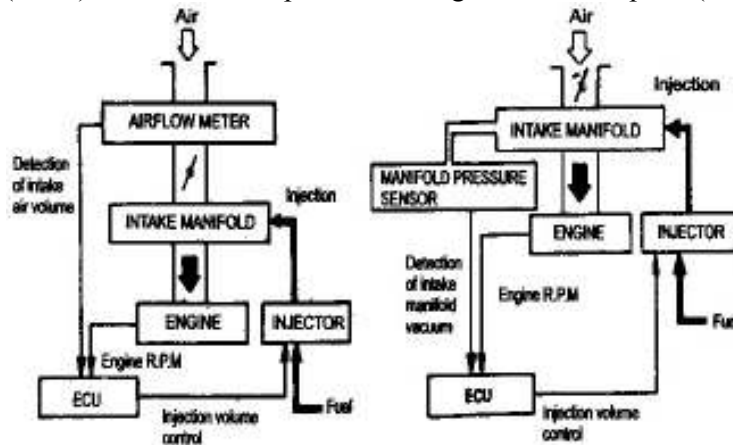
1. Lebih presisi dalam mengatur jumlah bahan bakar yang dikabutkan sebagai fungsi dari kondisi operasi mesin yang dideteksi oleh berbagai sensor. Dengan demikian komposisi campuran bahan bakar-udara akan lebih akurat terhadap kondisi kerja mesin.
2. Dengan sistem injeksi, bahan bakar dapat dikabutkan langsung ke dalam saluran hisap, dekat dengan katup masuk. Hal ini memungkinkan terjadinya peningkatan homogenitas campuran dan efisiensi bahan bakar.

Terdapat dua macam sistem injeksi bahan bakar elektronik menurut banyaknya titik injeksi, yakni : (1) *single point injection* (SPI) dan (2) *multi point injection* (MPI). Pada *single-point fuel-injection* atau disebut juga *throttle-body fuel injection* (TBI), injektor dipasang sebelum saluran isap yaitu pada *throttle body*. Prinsip kerja TBI, satu injektor mensuplay bahan bakar untuk keperluan beberapa silinder sekaligus (multisilinder).

*Multipoint fuel-injection* atau disebut juga *port fuel injection* (PFI), memposisikan injektor di atas lubang hisap (*intake port*). Setiap silinder memiliki satu buah injektor. Jadi, bila mesin terdiri dari 4 silinder berarti ada 4 injektor yang menyuplai kebutuhan bahan bakar.

Teknologi injeksi MPI memiliki kelebihan dibandingkan dengan SPI. Distribusi campuran udara-bahan bakarnya lebih seragam untuk masing-masing silinder. Respons terhadap perubahan posisi *throttle* pun lebih cepat, dan lebih akurat dalam mengatur jumlah bahan bakar yang diinjeksikan sesuai dengan kondisi operasi. Dengan demikian performansi mesin menjadi lebih baik, emisi berkurang, dan pemakaian bahan bakar lebih irit. Sebaliknya SPI sistemnya lebih sederhana, cenderung tidak merata karena distribusi campuran udara-bahan bakar sangat dipengaruhi oleh desain saluran isap.

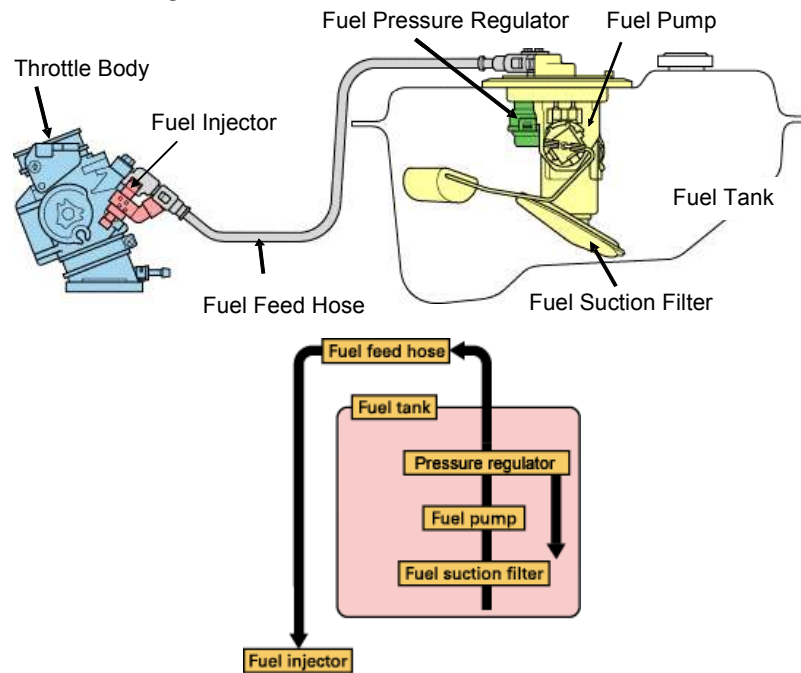
Berdasarkan proses kerjanya, secara umum sistem injeksi bahan bakar elektronik dikelompokkan menjadi dua, yaitu : (1) *L-Jetronik*, dan (2) *D-Jetronik*. *L-Jetronik* (*Luft* yang berarti udara) melakukan kontrol injeksi secara elektronik pada *Electronic Control Unit* (ECU) berdasarkan jumlah udara yang masuk menggunakan sensor *Air Flow Meter*. Pada *D-Jetronik* (*Druck* yang berarti tekanan), kontrol injeksi dilakukan secara elektronik oleh ECU berdasarkan tekanan udara (kevakuman) di *intake manifold* menggunakan *Manifold Absolute Pressure* (MAP) *Sensor*. Pada sepeda motor digunakan EFI tipe D (*D-Jetronik*).



Gambar 7. EFI *L-Jetronik* dan *D-Jetronik*

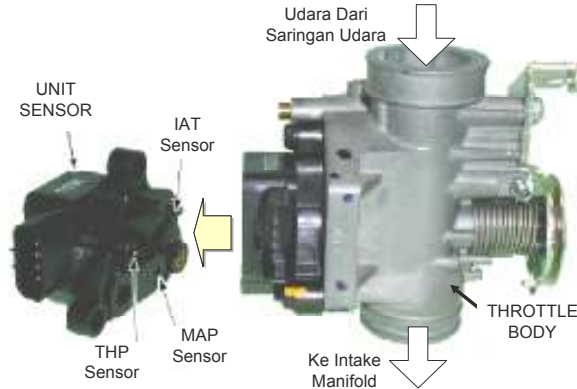
Sistem dasar EFI diklasifikasikan menjadi 3 kelompok, yaitu :

1. Sistem Bahan Bakar, berfungsi menyediakan bahan bakar bertekanan tinggi (2,5- 3 Kg/cm<sup>2</sup>). Komponen-komponen sistem bahan bakar EFI sepeda motor adalah sebagai berikut :



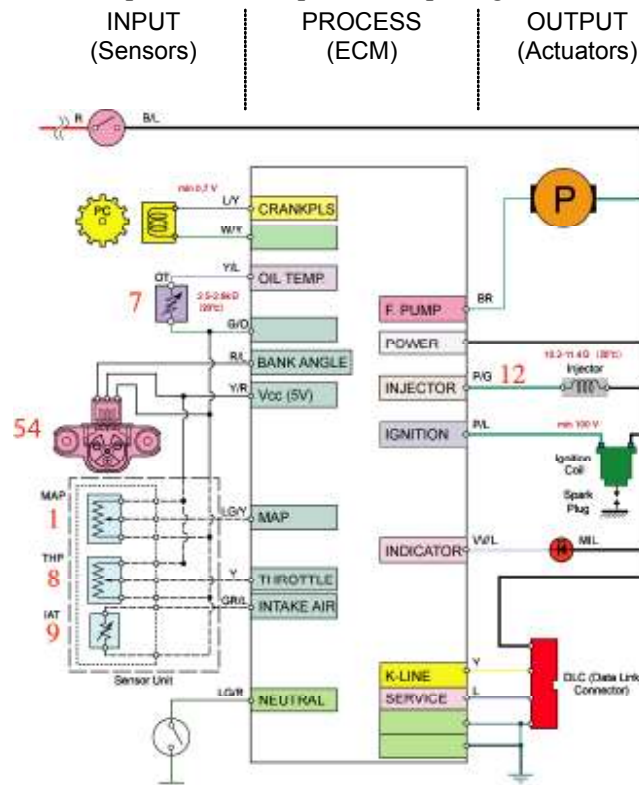
Gambar 8. Komponen & Aliran Bahan Bakar pada Sistem EFI Sepeda Motor

2. Sistem Induksi Udara, berfungsi mengatur dan mengukur aliran udara yang masuk ke dalam silinder. Komponen-komponen sistem induksi udara (EFI tipe D) terdiri dari : Saringan udara, *Throttle body* (yang didalamnya terdapat : *Manifold Absolute Pressure (MAP) Sensor*, *Throttle Position (THP) Sensor*, *Intake Air Temperature (IAT) Sensor*), dan *Intake Manifold*.

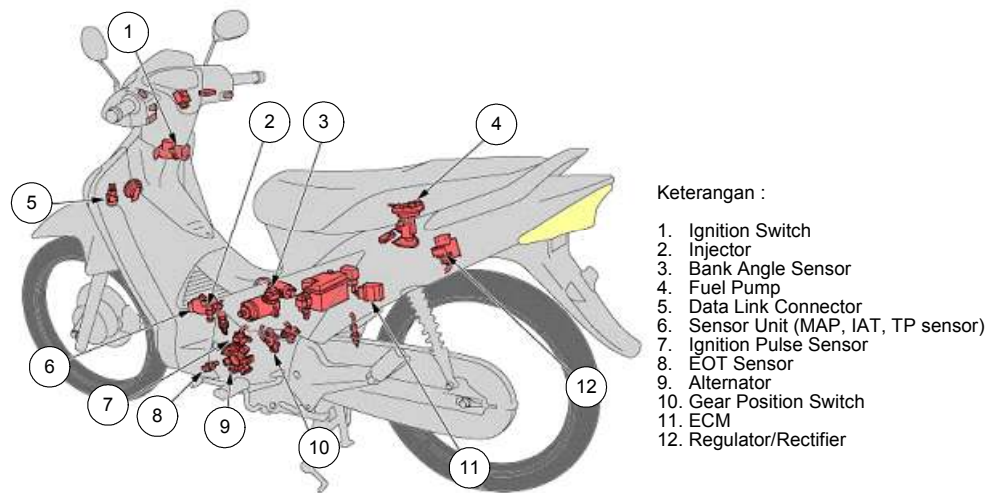


Gambar 9. *Throttle Body* Sistem EFI Sepeda Motor

3. Sistem Kontrol Injeksi, berfungsi mengontrol jumlah injeksi bahan bakar yang disesuaikan dengan daya, beban, putaran dan temperatur mesin serta lingkungan, berdasarkan masukan dari sensor-sensor yang ada agar diperoleh campuran bahan bakar-udara yang paling tepat. Diagram sistem kontrol injeksi EFI sepeda motor dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 10. Sistem Kontrol Injeksi EFI Sepeda Motor



Gambar 11. Tata Letak Komponen Sistem EFI Sepeda Motor (Supra X 125 PGM-FI)

### III. Metodologi Pengukuran Kadar Emisi Gas Buang

#### A. Alat dan Obyek Kajian

##### 1. Obyek Kajian.

Obyek kajian adalah sepeda motor 4 tak dengan sistem bahan bakar injeksi elektronik, yaitu Honda Supra X 125PGM-FI.

Obyek yang kedua (sebagai pembandingan) adalah sepeda motor 4 tak dengan sistem bahan bakar karburator, yaitu Honda Karisma 125FD dan Honda Supra X 125.

##### 2. Alat

Alat yang digunakan untuk mengukur kadar emisi gas buang pada sepeda motor adalah :

- a. *Exhaust Emmision Analyzer*
- b. *Tachometer.*

#### B. Langkah Pengukuran Emisi Gas Buang

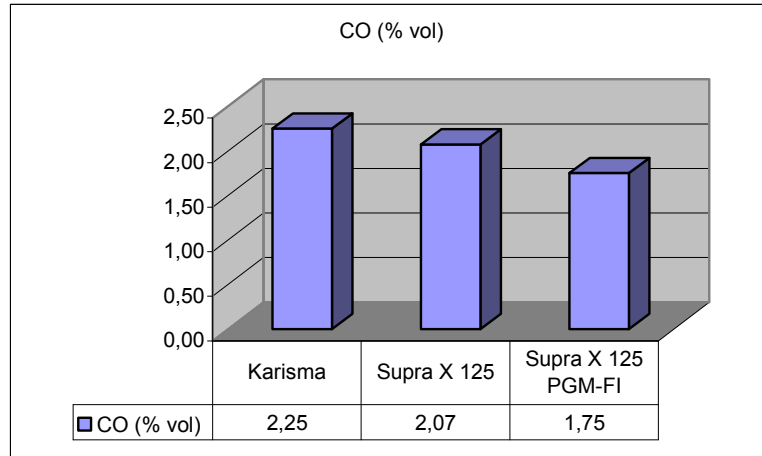
Pengukuran emisi gas buang dilakukan dengan *Concentration Control Method*, yaitu mengukur konsentrasi emisi gas buang pada kondisi mesin berputar idle dan sepeda motor tidak bergerak. Langkah-langkah pengukuran sebagai berikut:

1. Menghidupkan mesin
2. Menyetel putaran stasioner (1500 rpm) dan memanaskan mesin
3. Menghidupkan alat penguji emisi gas buang dengan mengikuti prosedur yang ditunjukkan pada alat.
4. Memasukkan alat pengukur (*probe*) ke knalpot, kurang lebih 600 mm, menunggu sampai pembacaan alat ukur stabil.
5. Mencatat hasil pengukuran pada lembar observasi.
6. Mengulang langkah (1) sampai (5) (pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali untuk kemudian diambil rata-ratanya).

#### IV. Pembahasan

Pengukuran emisi gas buang pertama kali dilakukan pada sepeda motor motor 4 tak dengan sistem bahan bakar injeksi elektronik, yaitu Honda Supra 125PGMFI. Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran emisi gas buang pada sepeda motor pembanding (sepeda motor 4 tak dengan sistem bahan bakar karburator, yaitu Honda Karisma 125FD dan Honda Supra 125 cc). Pengukuran emisi gas buang diulang sebanyak 3 kali secara random, agar data yang diperoleh lebih teliti.

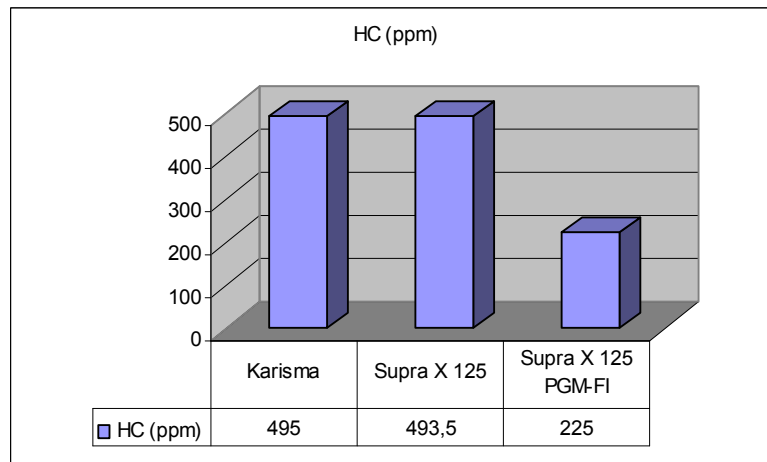
##### A. Kadar Emisi Gas Buang CO



Gambar 12. Perbandingan emisi CO pada sepeda motor dengan sistem injeksi bahan bakar elektronik dan sepeda motor dengan sistem bahan bakar karburator.

Gambar di atas menunjukkan bahwa pada putaran stasioner, penggunaan sistem injeksi bahan bakar elektronik menurunkan kadar emisi karbon monoksida (CO) sampai 22% dibandingkan dengan sepeda motor yang menggunakan sistem bahan bakar karburator.

##### B. Kadar emisi gas buang HC



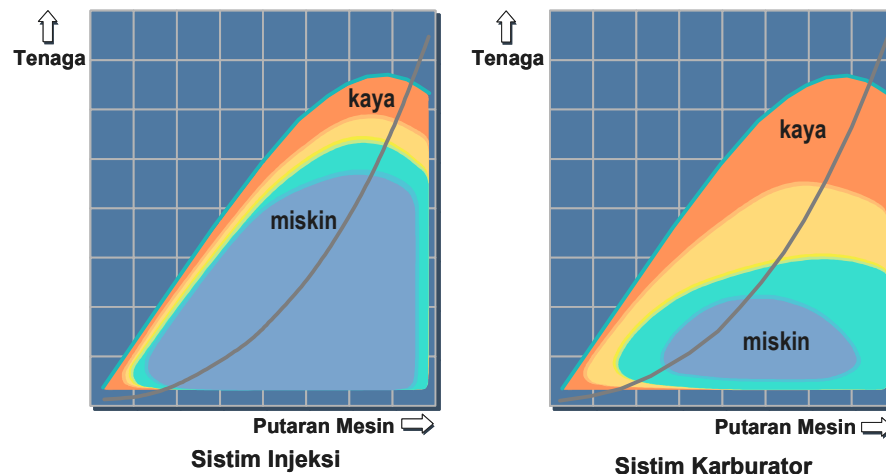
Gambar 13. Perbandingan emisi HC pada sepeda motor dengan sistem injeksi bahan bakar elektronik dan sepeda motor dengan sistem bahan bakar karburator.

Berdasarkan diagram di atas dapat diketahui bahwa pada putaran stasioner, penggunaan sistem injeksi bahan bakar elektronik menurunkan kadar emisi hidro karbon (HC) sampai 55% dibandingkan dengan sepeda motor yang menggunakan sistem bahan bakar karburator.

Kadar emisi CO dan HC yang lebih tinggi pada sistem bahan bakar karburator disebabkan oleh beberapa hal di bawah ini :

1. Jarak pengabutan yang cukup jauh dan temperatur yang relatif rendah menyebabkan pengabutan bahan bakar menjadi kurang sempurna. Campuran bahan bakar menjadi kurang homogen, proses pembakaran berlangsung tidak sempurna, terdapat sisa bahan bakar yang tidak terbakar dan terbuang sehingga kadar emisi CO & HC menjadi lebih tinggi. Pada sistem injeksi bahan bakar elektronik, bahan bakar diinjeksikan lebih dekat dengan katup masuk sehingga campuran bahan bakar-udara menjadi lebih homogen. Hal ini menyebabkan kadar emisi CO dan HC pada sistem ineksi bahan bakar elektronik menjadi lebih rendah.
2. Pada karburator sepeda motor, tidak terdapat saluran putaran menengah (*slow port*) *pilot jet* berfungsi ganda melayani putaran stasioner maupun putaran menengah sehingga campuran bahan bakar dan udara yang dihasilkan pada putaran stasioner cenderung kaya. Hal ini akan mengakibatkan kadar emisi gas buang yang dihasilkan lebih banyak mengandung CO dan HC. Pada sistem injeksi bahan bakar elektronik, jumlah bahan bakar yang diinjeksikan diatur oleh ECM berdasarkan masukan dari sensor-sensor yang ada sehingga campuran bahan bakar-udara menjadi lebih tepat.

Uraian di atas sesuai dengan teori-teori yang dikemukakan di muka bahwa penggunaan sistem injeksi bahan bakar elektronik pada sepeda motor mampu meningkatkan ketepatan campuran bahan bakar-udara untuk mengurangi kadar emisi gas buang yang dihasilkan dari proses pembakaran. Hal ini juga sesuai dengan grafik di bawah ini.



Gambar 14. Perbandingan Campuran Bahan Bakar – Udara Sistem Injeksi dan Sistem Karburator terhadap Putaran Mesin

Data-data di atas menunjukkan bahwa sistem injeksi bahan bakar elektronik mampu mengatur campuran bahan bakar-udara dengan lebih baik (mendekati

ideal) dibandingkan dengan sistem bahan bakar karburator, sehingga terjadi penurunan kadar emisi gas buang CO dan HC yang dihasilkan secara signifikan.

## V. Simpulan

Berdasarkan analisis data maka penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

- A. Kadar emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) yang dihasilkan pada sepeda motor yang menggunakan sistem injeksi bahan bakar elektronik secara keseluruhan lebih rendah daripada emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor yang menggunakan sistem bahan bakar karburator.
- B. Penggunaan sistem injeksi bahan bakar elektronik lebih baik dibandingkan menggunakan sistem bahan bakar karburator terhadap penurunan kadar karbon monoksida dan hidrokarbon. Hal ini sesuai dengan teori-teori yang dikemukakan dimuka bahwa berdasarkan masukan dari sensor-sensor yang ada, sistem injeksi bahan bakar elektronik mampu mengatur campuran bahan bakar–udara dengan lebih baik (mendekati ideal) dibandingkan dengan sistem bahan bakar karburator, sehingga proses pembakaran berlangsung lebih sempurna dan penurunan kadar emisi gas buang karbon monoksida dan hidrokarbon lebih besar.

## Daftar Pustaka

- Anonim. (2005). *Buku Pedoman Reparasi ANF125M-5*. Honda Motor Co., Ltd.
- Anonim. (tth). *Materi Pelajaran Engine Group Step 1*. Jakarta : PT. Toyota Astra Motor.
- Anonim. (tth). *Yamaha Technical Academy*. Yamaha Motor CO., Ltd.
- Anonim. (tth). *Emision Control System Step 2*. Jepang : Toyota Motor Corporation.
- H. Schuring & J. Alserda. (1982). *Teknik Kendaraan Bermotor II*. Bandung : Binacipta
- Honda Technical Service Sub Division. (1991). *Honda : Pengantar Teori Motorbakar Bensin*. Jakarta : Astra Honda Training Center, PT. Astra International, Inc.
- John B. Heywood. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. Singapore: McGraw-Hill International Edition.
- Moch. Solikin. (2005). *Sistem Injeksi Bahan Bakar Motor Bensin (EFI System)*. Yogyakarta: Kampong Ilmu.
- Obert., F. Edward. (1973). *Internal Combustion Engines and Air Polution*. New York : Harper & Row Publisher.
- Suwanto. (2005). *Honda HiTech : Teknologi Hemat Bahan Bakar dan Ramah Lingkungan. (Materi pelatihan)*. PT. Astra International Tbk - Honda.
- Wardan Suyanto.(1989). *Teori Motor Bensin*. Jakarta : Departemen Pendidikan Dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.