

## ANALISA KINERJA MESIN BENSIN BERDASARKAN HASIL UJI EMISI

Awal Syahrani\*

### Abstract

*Analysis of engine performance based on emission test is to understand effective process of fuel combustion on engine particularly gasoline engine with analysis of exhaust containing Carbon monoxide (CO) and Hydrocarbon (HC). This emission test can also be used to know failure in parts of engine so that realigning of accurately mixture both air and fuel can be used.*

**Keywords:** engine performance, emission test

### Abstrak

Analisa kinerja mesin berdasarkan hasil uji emisi adalah untuk mengetahui efektifitas proses pembakaran bahan bakar pada mesin khususnya mesin bensin dengan cara menganalisis kandungan karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) yang terkandung di dalam gas buang. Hasil uji emisi ini juga dapat digunakan untuk mengetahui adanya kerusakan pada bagian-bagian mesin kendaraan, dan melakukan penyetelan ulang campuran udara dan bahan bakar dengan tepat.

**Kata kunci:** Kinerja mesin, Uji emisi

### 1. Pendahuluan

Kemajuan teknologi dewasa ini semakin pesat, dimana jumlah kendaraan juga semakin meningkat. Sebagaimana telah kita ketahui bahwa kendaraan-kendaraan tersebut pada umumnya menggunakan bahan bakar seperti premium, solar dan lain-lain. Hasil pembakaran dari bahan bakar tersebut dapat adalah berupa gas emisi. Pada masa sekarang ini trend dikalangan pemilik kendaraan melakukan uji emisi untuk melihat kinerja mesin kendaraannya. Kinerja kendaraan yang baik adalah tingkat konsumsi bahan bakar yang rendah dengan menghasilkan kadar emisi yang rendah pula.

Pemeriksaan dan perawatan gas buang ini semakin banyak dibutuhkan oleh perbengkelan dan masyarakat

karena memiliki manfaat yaitu antara lain :

- Dari pemeriksaan emisi gas buang diperoleh data yang dapat digunakan untuk menganalisa dan mengoptimalkan kinerja mesin dengan tepat dan waktu lebih cepat.
- Kinerja mesin yang baik memberikan manfaat, yaitu konsumsi bahan bakar dan biaya perawatan kendaraan lebih rendah.
- Kinerja mesin baik, berarti pembakaran dalam mesin mendekati sempurna sehingga emisi gas buang rendah.

Gas buang kendaraan bermotor terdiri dari atas zat yang tidak beracun, seperti nitrogen (N<sub>2</sub>), karbondioksida (CO<sub>2</sub>), dan uap air (H<sub>2</sub>O), dan zat beracun seperti karbon monoksida

---

\* Staf Pengajar Jurusan D3 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

(CO), hidrokarbon (HC), oksida nitrogen (Nox), sulfur oksida (SOx), zat debu timbal (Pb), dan partikulat. Komposisi zat-zat yang dikeluarkan dari knalpot kendaraan adalah 72% N<sub>2</sub>, 18,1% CO<sub>2</sub>, 8,2% H<sub>2</sub>O, 1,2% gas mulia, 1,1% O<sub>2</sub>, dan 1,1% gas beracun yang terdiri dari 0,13% Nox, 0,09 HC, 0,9% CO. Selain dari gas buang unsur HC dan CO dapat pula keluar dari penguapan bahan bakar ditangki dan blow by gas dari mesin.

Pengambilan data sebagai parameter untuk melihat kinerja mesin kendaraan bermotor yang hanya menggunakan bahan bakar bensin. Komposisi yang mempengaruhi kinerja mesin kendaraan bermotor langsung tercetak dari mesin uji emisi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh zat-zat emisi terhadap kinerja mesin kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin. Hal itu yang merupakan parameter perbaikan dan perawatannya.

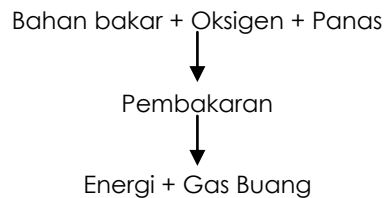
Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah dapat memberikan gambaran kepada masyarakat tentang pentingnya uji emisi dilakukan secara priodik, selain untuk melihat kondisi mesin juga bermanfaat untuk lingkungan karena dapat mengurangi zat-zat pencemaran udara yang sangat penting bagi kesehatan.

## 2. Tinjauan Pustaka

Pada dasarnya pengetahuan tentang gas buang sering terkandung makna bahwa berbicara masalah gas buang berarti berbicara masalah udara dan kandungannya yang mana sangat mempengaruhi kondisi lingkungan yang lazim disebut dengan pencemaran udara. Dimana udara terdiri dari oksigen (O<sub>2</sub>) 21% volume dan nitrogen (N<sub>2</sub>) 78% volume dan sisanya 1% volume terdiri dari macam-macam gas seperti argon (Ar) 0,94% volume dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) yang mana gas tersebut bermanfaat bagi kelangsungan makhluk hidup.

### 2.1 Pembakaran dan Gas Buang

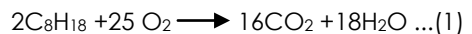
Pembakaran terjadi karena ada tiga komponen yang bereaksi, yaitu bahan bakar, oksigen dan panas, jika salah satu komponen tersebut tidak ada maka tidak akan timbul reaksi pembakaran.



Gambar 1. Skema/gambaran pembakaran sempurna pada mesin bensin

Gambaran di atas merupakan reaksi pembakaran sempurna, dimana diasumsikan semua bensin terbakar dengan sempurna perbandingan udara dan bahan bakar 14,7 : 1.

Persamaan reaksi pembakaran sempurna adalah sebagai berikut :



dimana C<sub>8</sub>H<sub>18</sub> adalah bahan bakar yang digunakan adalah bensin, kemudian oksigen (O<sub>2</sub>) dari udara. Setelah pembakaran berlangsung maka terbentuk yang namanya gas buang yaitu karbondioksida (CO<sub>2</sub>) yang lepas keudara dan air (H<sub>2</sub>O).

Perlu juga diketahui bahwa pada umumnya jika dilihat pada prakteknya pembakaran dalam mesin sebenarnya tidak pernah terjadi pembakaran dengan sempurna meskipun mesin sudah dilengkapi dengan sistem kontrol yang canggih. Dalam mesin bensin terbakar ada tiga hal yaitu; bensin dan udara bercampur homogen dengan perbandingan 1:14,7, campuran tersebut dimanfaatkan oleh gerakan piston hingga tekanan dalam silinder 12 bar sehingga menimbulkan panas, kemudian campuran tersebut bereaksi dengan panas yang dihasilkan oleh percikan bunga api busi, dan terjadilah

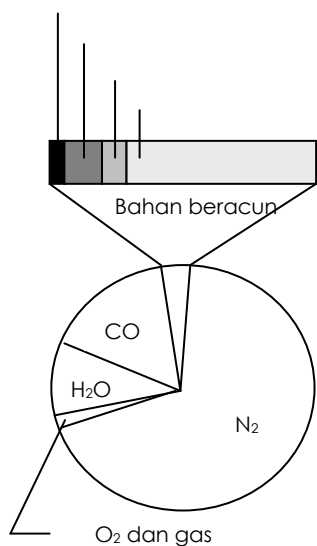
pembakaran pada tekanan tinggi sehingga timbul ledakan dahsyat. Karena pembakaran diawali dengan percikan bunga api busi maka mesin jenis ini disebut juga spark-ignition engine atau mesin pengapian busi.

Proses pembakaran mesin bensin tidak terjadi dengan sempurna karena lima alasan sebagai berikut :

- Waktu pembakaran singkat
- Overlapping katup
- Udara yang masuk tidak murni hanya oksigen
- Bahan bakar yang masuk tidak murni
- Kompresi tidak terjamin rapat sempurna.

Pembakaran tidak sempurna itu menghasilkan gas buang beracun, misalnya CO, HC, Nox, Pb, SOx, CO<sub>2</sub> dan juga masih menyisahkan oksigen disalurkan gas buang.

Komposisi gas buang mesin bensin dalam bentuk diagram digambarkan pada Gambar 2.

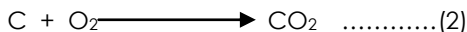


Gambar 2. Diagram Komposisi Gas buang mesin bensin

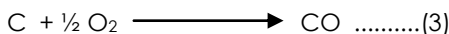
2.2 Proses terbentuknya gas buang

- CO (Carbon Monoksida)

Bila karbon didalam bahan bakar terbakar dengan sempurna, akan terjadi reaksi yang menghasilkan CO<sub>2</sub> sebagai berikut :



Apabila unsur oksigen udara tidak cukup, pembakaran tidak sempurna sehingga karbon didalam bahan bakar terbakar dengan proses sebagai berikut :

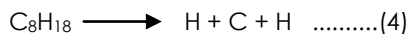


Emisi CO dari kendaraan banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran udara dengan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar (AFR). Jadi untuk mengurangi CO, perbandingan campuran harus dikurangi atau dibuat kurus (excess air). Namun akibatnya HC dan Nox lebih mudah timbul serta output mesin menjadi berkurang.

- HC (Hydrocarbon)

Sumber emisi HC dapat dibagi menjadi dua bagian, sebagai berikut :

- ✓ Bahan bakar yang tidak terbakar dan keluar menjadi gas mentah.
- ✓ Bahan bakar terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC lain yang keluar bersama gas buang :



Sebab utama timbulnya HC, sebagai berikut :

- ✓ Sekitar dinding-dinding ruang bakar bertemperatur rendah, dimana temperatur itu tidak mampu melakukan pembakaran.
- ✓ Missing (missfire)
- ✓ Adanya overlapping katup (kedua katup bersama-sama terbuka) sehingga merupakan gas pembilas/pembersih.

- NO<sub>2</sub> (Nitrogen Oksida)

Jika terdapat unsur N<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> pada temperatur 1800 s/d 2000 °C akan terjadi reaksi pembentukan gas NO seperti berikut :

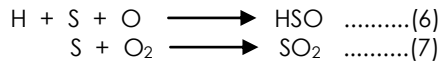


Diudara, NO mudah berubah menjadi NO<sub>2</sub>, Nox di dalam gas buang terdiri dari

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.

- SO<sub>2</sub> (Sulfur Oksida)

Bahan bakar bensin mengandung unsur belerang = S (sulfur). Pada saat terjadi pembakaran, S akan bereaksi dengan H dan O untuk membentuk senyawa sulfat dan sulfur oksida.



- Pb (Plumbum/Timbal)

Timah hitam dalam bensin tidak bereaksi dalam proses pembakaran sehingga setelah pembakaran akan keluar tetap sebagai timah hitam (Pb).

- N<sub>2</sub> (Nitrogen)

Udara yang digunakan untuk pembakaran dalam mesin, sebagian besar terdiri dari inert gas, yaitu N<sub>2</sub>. Pada saat terjadi pembakaran, sebagian kecil N<sub>2</sub> akan bereaksi dengan O<sub>2</sub> membentuk NO<sub>2</sub>, sebagian besar lainnya tetap berupa N<sub>2</sub> hingga keluar dari mesin.

- O<sub>2</sub> (Oksigen)

Pembakaran yang tidak sempurna dalam mesin menyisakan oksigen keudara. Oksigen yang tersisa ini semakin kecil bila mana pembakaran terjadi makin sempurna.

- Partikulat

Partikulat terdiri dari unsur C (karbon) yang masih berupa butiran partikel, dan residu atau kotoran lain dihasilkan oleh pembakaran pada motor diesel. Partikulat sebagian besar dihasilkan oleh adanya residu dalam bahan bakar. Residu tersebut tidak ikut terbakar dalam ruang bakar, tetapi terbuang melalui pipa gas buang.

Pembakaran mesin diesel paling banyak menghasilkan partikulat karena didalam bahan bakar diesel mengandung banyak residu dengan kadar C yang banyak. Hal itu mengakibatkan setelah selesai proses pembakaran, karbon/arang yang tidak terbakar akan terbuang melalui pipa gas buang.

- H<sub>2</sub>O

H<sub>2</sub>O merupakan hasil reaksi pembakaran dalam ruang bakar, di mana kadar air yang dihasilkan tergantung dari mutu bahan bakar. Makin banyak uap air dalam pipa gas buang, mengindikasikan pembakaran semakin baik. Semakin besar uap air yang dihasilkan, pipa knalpot tetap kelihatan bersih dan ini sekaligus menunjukkan makin bersih emisi yang dihasilkan.

### 2.3 Nilai AFR dan Lambda

Emisi gas buang sangat tergantung pada perbandingan campuran bahan bakar dengan udara, jadi untuk mengetahui kadar emisi gas buang maka alat uji emisi dilengkapi dengan pengukur nilai λ (lambda) atau AFR (air-fuel ratio) yang dapat mengindikasikan campuran tersebut.

Teori stoichiometric menyatakan, untuk membakar 1 gram bensin dengan sempurna diperlukan 14,7 gram oksigen. Dengan kata lain, perbandingan campuran ideal = 14,7 : 1. Perbandingan campuran ini disebut AFR atau perbandingan udara dan bensin (bahan bakar). Untuk membandingkan antara teori dan kondisi nyata, dirumuskan suatu perhitungan yang disebut dengan istilah *lambda* (λ), secara sederhana, dituliskan sebagai berikut :

$$\lambda = \frac{\text{jumlah udara sesungguhnya}}{\text{Teori Stoichiometric}} \dots\dots(8)$$

Jika jumlah udara sesungguhnya 14,7, maka:

$$\lambda = 14,7 / 14,7 : 1$$

$$\lambda = 14,7 / 14,7 = 1,0$$

Artinya :

λ = 1; berarti campuran ideal

λ > 1; berarti campuran kurus (lebih banyak udara)

λ < 1; berarti campuran kaya (lebih banyak bahan bakar)

Selanjutnya persamaan AFR dan λ (lambda) ditabelkan pada Tabel 1.

Hubungan antara AFR dengan gas buang, diasumsikan mesin dalam kondisi normal dengan kecepatan

konstan, pada kondisi AFR kurus dimana konsentrasi CO dan HC menurun pada saat NOx meningkat, sebaliknya AFR kaya NOx menurun tetapi CO dan HC meningkat. Hal ini berarti pada mesin bensin sangat sulit untuk mencari upaya penurunan emisi CO, HC dan NOx pada waktu bersamaan, apalagi dengan mengubah campurannya saja. Jadi pada dasarnya campuran bahan bakar dengan udara itu harus selalu mendekati 1 untuk menjaga dari emisi gas buang yang tinggi selain itu juga mudah untuk perawatan dan pemeliharaan mesinnya.

### 3. Metode Penelitian

Pengambilan data emisi gas buang dilakukan dengan menggunakan mesin uji emisi yang dilengkapi dengan pengukur lambda dengan unsur-unsur gas emisi, yang hasilnya langsung dicetak dengan printer yang melekat dengan mesin tersebut. Pada penelitian ini digunakan kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin. Data yang diambil berdasarkan kondisi kendaraan pada saat idle (stasioner) putaran 1000 rpm, putaran 1500 rpm dan putaran 2500 rpm.

Tabel 1. Persamaan AFR dan Lambda ( $\lambda$ )

| AFR  | Lambda a | AFR  | Lambda |
|------|----------|------|--------|
| 5    | 0,340    | 15   | 1,020  |
| 6    | 0,408    | 15,5 | 1,054  |
| 7    | 0,476    | 16   | 1,088  |
| 8    | 0,544    | 16,5 | 1,122  |
| 9    | 0,612    | 17   | 1,156  |
| 10   | 0,680    | 17,5 | 1,190  |
| 11   | 0,748    | 18   | 1,224  |
| 12   | 0,816    | 18,5 | 1,259  |
| 13   | 0,884    | 19   | 1,293  |
| 14   | 0,952    | 19,5 | 1,327  |
| 14,7 | 1,000    | 20   | 1,361  |

### 4. Hasil dan Pembahasan

Pengambilan data dilakukan penulis dengan menggunakan mesin uji emisi dan sebuah mobil mazda astina 323 tahun keluaran 1998, empat silinder dengan menggunakan Elektrik Fuel Injection (EFI). Pengujian dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- a. Periksa kebocoran pada sistem gas buang motor penggerak dan sistem alat uji.
- b. Setelah pemanasan selesai, putaran motor dinaikkan sampai putaran menengah selama 15 detik tanpa beban, kemudian kembali pada putaran idling.
- c. Setelah putaran motor kembali idling, segera pasang alat (probe) ke dalam pipa gas buang sedalam minimal 30 cm.
- d. Tunggu 20 detik atau hingga data stabil untuk mendapatkan data hasil uji seperti yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian AFR dan Lambda

| No | Putaran Motor (rpm) | CO (%vol) | CO2 (%vol) | HC (ppmv) | O2 (%vol) | Lambda | AFR  |
|----|---------------------|-----------|------------|-----------|-----------|--------|------|
| 1. | Idle (1000)         | 2,19      | 11,3       | 101       | 1,97      | 1,104  | 16,2 |
| 2. | 1500                | 0,77      | 11,4       | 68        | 0,32      | 0,953  | 14,0 |
| 3. | 2500                | 1,19      | 10,7       | 95        | 0,28      | 0,938  | 13,8 |

Dengan melihat hasil pengujian pada Tabel 2 maka, dapat dianalisa kondisi kerja mesin pada posisi putaran-putaran tertentu yaitu sebagai berikut :

- *Idling stasioner* pada putaran 1000 rpm, pada putaran ini suhu dalam ruang bakar tidak tinggi sehingga penguapan bensin tidak mencukupi. Hal ini dapat menyebabkan pembakaran menjadi tidak stabil. Untuk mencegah hal tersebut perlu dilakukan suatu control (perbaikan dibagian suplay bahan bakar) untuk meningkatkan campuran agar menjadi kaya, sehingga konsentrasi CO dan HC dalam gas buang menjadi tinggi karena pembakaran tidak bisa sempurna.
- Putaran rendah dan menengah (1500 rpm), dimana kondisi ini merupakan campuran kurus/miskin dibandingkan dengan kondisi idle. Karena pada kondisi ini dimana throttle terbuka sampai  $\frac{1}{2}$  bukaan maksimum. Hal ini menimbulkan suhu dalam ruang bakar meningkat sehingga emisi CO dan HC menurun.
- Putaran tinggi (2500 rpm), kondisi ini menghasilkan tenaga yang besar karena putaran mesin tinggi dan campuran semakin kaya, dapat menimbulkan CO dan HC meningkat karena terjadi kekurangan oksigen. Pada kondisi ini perlu dilakukan pengaturan jumlah udara yang masuk dengan melakukan penyetelan pada baut pengatur udara masuk yang terdapat dibagian samping karburator.

Dari ketiga data tersebut diatas terlihat bahwa pada kondisi idle dan putaran tinggi sangat cenderung menghasilkan emisi yang tinggi, atau dengan kata lain pembakaran tidak sempurna. Sedangkan untuk putaran rendah atau menengah ada kecenderungan terjadi proses pembakaran yang mendekati sempurna. Namun hal itu tidak terlalu berpengaruh karena masih berada pada daerah ambang batas emisi gas buang tahun 1993.

Setelah menganalisa per-putaran motor maka dapat dibuat suatu pembahasan atau analisa tentang unsur-unsur emisi yang mempengaruhi kerja mesin kendaraan. Unsur-unsur emisi ini dapat memperlihatkan seberapa besar peranan emisi gas buang terhadap kinerja mesin khususnya mesin bensin. Unsur-unsur tersebut diperinci satu persatu adalah sebagai berikut :

- Karbon Monoksida (CO)
- Substansi CO merupakan hasil gabungan karbon dan oksigen, dimana gabungan tersebut tidak mencukupi untuk membentuk karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), CO dihasilkan manakala terjadi pembakaran tidak sempurna yang diakibatkan oleh kurangnya oksigen pada proses pembakaran dalam mesin (campuran bahan bakar dan udara kaya). Sebagaimana yang terjadi pada kondisi idle (stasioner) sehingga AFR yang terbentuk tinggi. Hal ini juga menganjurkan bahwa pada saat memanaskan mesin kendaraan sebaiknya dilakukan pada daerah yang terbuka untuk menghindari atau menjaga kesehatan. Pengaruh buruk pada mesin apabila kandungan CO berlebihan adalah terjadinya pembentukan deposit karbon yang berlebihan pada katup, ruang bakar, kepala piston dan busi. Deposit yang ditimbulkan tersebut secara alami mengakibatkan fenomena self-ignition (diseling) dan mempercepat kerusakan mesin. Emisi yang berlebihan banyak disebabkan oleh faktor-faktor karburator tidak bekerja dengan baik, filter udara kotor, kerusakan pada sistem choke karburator, dan kerusakan pada sistem Thermostatic Air Cleaner.
- Hidrokarbon (HC)
- Hidrokarbon adalah bahan bakar mentah yang tidak terbakar selama proses pembakaran didalam ruang bakar, yang mana berasal dari bahan bakar mentah yang tersisa dekat dengan dinding silinder setelah terjadinya pembakaran dan

dikeluarkan saat langkah buang dan juga gas yang tidak terbakar dalam ruang bakar setelah terjadi gagal pengapian (misfiring) pada saat mesin diakselerasi ataupun deselerasi. Emisi HC beraroma bensin dan terasa perih di mata dan menyebabkan gangguan iritasi mata, hidung, paru-paru dan saluran pernapasan. Emisi HC yang berlebihan juga dapat menimbulkan fenomena photochemical smog/kabut. Hal ini dikarenakan HC merupakan sebagian bensin yang tidak terbakar, semakin tinggi nilai HC berarti tenaga kurang dan konsumsi bahan bakar semakin meningkat. Kandungan HC yang tinggi diakibatkan oleh adanya kerusakan pada catalytic converter dan kerusakan mekanis pada bagian dalam mesin seperti klep, mesin ring atau selinder. Untuk mencegah ini perlu dilakukan penyetelan dan perbaikan di daerah tersebut seperti penyetelan ulang klep, penggantian ring dan overhaul.

- Nitrogen Oksida (NO<sub>2</sub>)
- Didalam campuran bahan bakar – udara terdapat kandungan N<sub>2</sub> yang terbawa oleh udara yang disemprotkan kedalam ruang bakar yang mana mencapai temperatur sekitar 1800°C, yang mengakibatkan terjadinya pembentukan NOx.
- Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)
- CO<sub>2</sub> sangat banyak dan berguna bagi tumbuh-tumbuhan pada proses asimilasi. Semakin tinggi substansi CO<sub>2</sub> dalam gas mengindikasikan bahwa semakin baik pembakaran dalam mesin.
- Oksigen (O<sub>2</sub>)
- Ini merupakan sisa oksigen yang tidak terbakar selama proses pembakaran akibat dari pembakaran yang tidak sempurna. Makin tinggi kadar substansi O<sub>2</sub> dalam gas buang mesin mengindikasikan bahwa pembakaran miskin dan sebaliknya. Kadar O<sub>2</sub> yang berlebihan dalam gas buang mengindikasikan bahwa pembakaran terjadi dengan miskin. Berarti hanya sebagian kecil dari

oksigen yang terbakar dan sebagian kecil pula bahan bakar yang terbakar.

## 5. Kesimpulan

- Uji emisi merupakan salah satu cara untuk mengetahui kondisi mesin kendaraan bermotor yang sangat berpengaruh pada kinerja mesin tersebut.
- Untuk menjaga kondisi kendaraan bermotor perlu dilakukan uji emisi secara berkala agar sistem pembakaran dalam ruang bakar selalu mendekati kondisi pembakaran sempurna.
- Dengan melihat hasil analisa diatas terlihat bahwa pada kondisi idle (warn up) menghasilkan gas buang yang dapat mempengaruhi kondisi udara maka penulis menyarankan untuk melakukan warn up atau pemanasan mesin kiranya dapat dilakukan pada daerah yang terbuka agar gas emisi tersebut dapat cepat melayang atau dengan kata lain dilepaskan ke udara.
- Gas buang sangat mempengaruhi kinerja mesin bensin terutama pada kondisi pencampuran bahan bakar yang tidak mengikuti perbandingan yang standar (14,7 : 1).

## 6. Daftar Pustaka

- Arismunandar, Wiranto, 1988, *Penggerak Mula Motor Bakar*, Bandung, ITB.
- Heisler H, 1999, *Vehicle and Engine Teknology*, second Edition, Great Britain, Hodder Headline Group.
- Swisscontact Clean Air Project, *Pengetahuan Dasar Perawatan Kendaraan Niaga (bus)*, Seri Otomotif, Jakarta.
- Swisscontact, 1998, *Program Udara Bersih Uji Emisi*, Seri Otomotif, Jakarta.
- Team Toyota Astra Motor, 1995, *Buku Pedoman Pelatihan*, Jakarta, PT. Toyota – Astra Motor.