

---

## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Kajian Pustaka

Setiawan, 2011, melakukan penelitian "Studi Eksperimental Tentang Kinerja Motor 2 Langkah 150 cc". Adapun hasil dari penelitian tersebut menunjukkan pada putaran mesin rendah, gaya yang tercatat kecil, semakin tinggi putaran mesin gaya yang tercatat semakin besar. Torsi puncak sebesar 14,55 Nm pada putaran mesin 8800 RPM dan daya terbesar terjadi sebesar 17,97 HP pada putaran mesin 8800 Rpm. *SFC* terbaik sebesar 0,422 kg/kW.jam pada putaran mesin 10000 RPM.

Apriliyani, 2002, melakukan penelitian "Pengaruh Pemakaian Bahan Bakar Premium Pertamina Dan Bensol Terhadap Unjuk Kerja Mesin Dua Langkah". Adapun hasil dari penelitian menunjukkan bahwa pemakaian bahan bakar Pertamina dan Bensol mesin akan mengalami kenaikan Torsi, Daya dan tekanan efektif rata-rata. Pada putaran 6000 rpm pemakain bahan bakar Pertamina meningkat Torsi 0,21 Nm, Daya 0,31 kW, tekanan efektif rata-rata 11,39 kPa, dan *SFC* 0,0097 kg/kWh terhadap pemakaian bahan bakar Premium. Pemakaian bahan bakar Bensol meningkatkan Torsi 1,26 Nm, Daya 0,79 kW dan tekanan efektif rata-rata 70,88 kPa dan *SFC* 0,0206 kg/kWh terhadap pemakaian bahan bakar Premium.

Mahendro, 2010, melakukan penelitian "Pengaruh Pemakaian Bahan Bakar Shell Super, Petronas Primax 92 Dan Pertamina Terhadap Unjuk Kerja Motor Empat Langkah". Adapun hasil dari penelitian tersebut menggunakan metode gas spontan bahan bakar Petronas Primax 92 menghasilkan daya, torsi BMEP tertinggi. Kinerja rata-rata terdapat perbedaan  $\pm 2,5\%$  antara penggunaan bahan bakar yang satu dengan yang lain. Sedangkan dengan metode gas per rpm bahan bakar Petronas Primax 92 menghasilkan daya tertinggi dan bahan bakar Shell Super menghasilkan torsi dan BMEP tertinggi. Kinerja rata-rata terdapat perbedaan  $\pm 7,3\%$  antara penggunaan bahan bakar yang satu dengan yang lain. *SFC* terendah diperoleh menggunakan Shell Super. Perbandingan *SFC* terdapat

---

perbedaan  $\pm 9,7\%$  antara bahan bakar yang satu dengan yang lain. Efisiensi termal ( $\eta_{bt}$ ) tertinggi diperoleh menggunakan Shell Super. Perbandingan efisiensi termal ( $\eta_{bt}$ ) terdapat perbedaan  $\pm 4\%$  antara bahan bakar yang satu dengan yang lain. Dari pemaparan diatas dapat dapat diambil kesimpulan penggunaan bahan bakar yang paling efisien dalam konsumsi bahan bakar menggunakan Shell Super, tapi jika menginginkan akselerasi yang cepat dapat menggunakan bahan bakar Petronas Primax 92.

Tarmuji, 2010, melakukan penelitian "Investigasi Pengaruh Penggantian Sistem Suplai Bahan Bakar Dan Komponen Pengapian Terhadap Daya, Torsi, Konsumsi Bahan Bakar, Emisi Gas Buang Dan Kebisingan Suara Pada Motor Empat Langkah 110 cc". Adapun hasil dari penelitian menunjukkan bahwa Daya maksimal pada putaran 8000 RPM, konsumsi bahan bakar ( $m_f$ ) pada kondisi ini lebih irit, konsumsi bahan bakar spesifik ( $SFC$ ) rendah karena daya torsi rendah, tingkat kebisingan suara knalpot terukur pada kisaran aman untuk pendengaran manusia, karena nilai kebisingan sekitar 91.82 dB yang masih diperoleh dalam waktu 2 jam. Hal ini konstruksi knalpot standart terdapat sekat-sekat peredam suara sehingga suaranya menjadi nyaring.

## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Pengertian Motor Bakar

Motor bakar adalah salah satu jenis mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energy termal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Sebelum menjadi tenaga mekanis, energi kimia bahan bakar diubah dulu menjadi energy termal atau panas melalui pembakaran bahan bakar dengan udara. Pembakaran ini ada yang dilakukan di dalam mesin kalor itu sendiri dan ada juga yang dilakukan di luar mesin kalor.

Motor bakar terbagi menjadi 2 (dua) jenis utama, yaitu motor diesel dan motor bensin. Perbedaan umum terletak pada sistem penyalanya. Penyalan pada motor bensin terjadi karena loncatan bunga api listrik yang dipercikkan oleh busi atau juga sering disebut *Spark Ignition Engine*, sedangkan pada motor diesel penyalan terjadi karena kompresi yang tinggi di dalam silinder kemudian bahan

---

bakar disemprotkan oleh *Nozzle* atau juga sering disebut *Compression Ignition Engine*. Persyaratan ini dapat terpenuhi apabila perbandingan kompresi yang digunakan cukup tinggi, yaitu berkisar 12-25. (Arismunandar, 1988).

Motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi 2 (dua) macam, yaitu sebagai berikut:

a. Berdasarkan sistem pembakarannya

a) Motor pembakaran dalam

Mesin pembakaran dalam atau sering disebut sebagai *Internal Combustion Engine* (ICE), yaitu dimana proses pembakarannya berlangsung di dalam motor bakar itu sendiri sehingga gas pembakaran yang terjadi sekaligus berfungsi sebagai fluida kerja.

b) Motor pembakaran luar

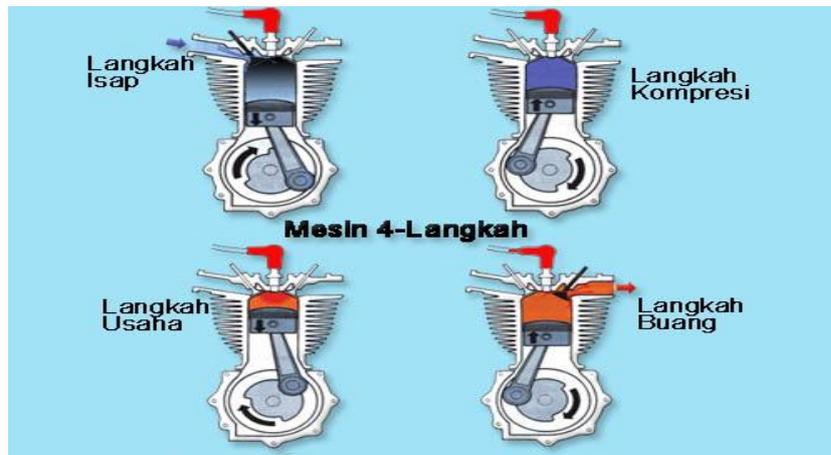
Motor pembakaran luar atau sering disebut *Eksternal Combustion Engine* (ECE) yaitu dimana proses pembakaran terjadi di luar mesin, energi dari gas hasil pembakaran dipindahkan ke fluida kerja mesin.

## 2.2.2 Prinsip Kerja Motor Bakar

Prinsip kerja motor bakar dibedakan menjadi 2 yaitu motor 4 langkah dan 2 langkah.

### 2.2.2.1 Motor Bensin 4 Langkah

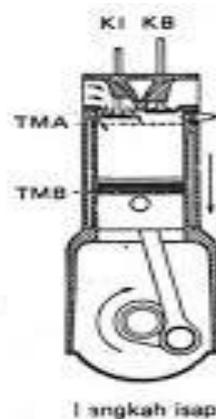
Motor bensin 4 langkah (Four stroke engine) adalah sebuah mesin dimana untuk menghasilkan sebuah tenaga memerlukan empat proses langkah naik-turun piston, dua kali rotasi kruk as, dan satu putaran *camshaft*. Dapat diartikan juga sebagai motor yang setiap satu kali pembakaran bahan bakar memerlukan 4 langkah dan 2 kali putaran poros engkol, dapat dilihat pada (Gambar 2.2) sebagai berikut:



Gambar 2.1 Skema Gerakan Torak 4 langkah  
(Sumber: Arismunandar, 2005)

Prinsip kerja motor 4 langkah dapat dijelaskan sebagai berikut :

#### Langkah hisap :

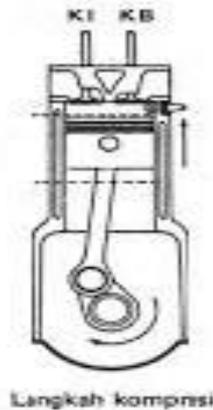


Gambar 2.2 Skema langkah hisap torak motor 4 langkah  
(Sumber: Arismunandar, 2005)

Prosesnya sebagai berikut:

- Torak bergerak dari TMA ke TMB
- Katup masuk terbuka, katup buang tertutup
- Campuran bahan bakar dengan udara yang telah tercampur di dalam karburator masuk ke dalam silinder melalui katup masuk (katup *inlet*).
- Saat torak berada di TMB katup masuk akan tertutup.

---

**Langkah kompresi :**

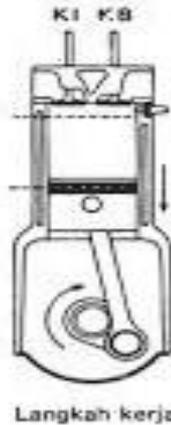
Gambar 2.3 Skema langkah kompresi torak motor 4 langkah  
(Sumber: Arismunandar, 2005)

Tujuan dari langkah kompresi adalah untuk meningkatkan temperatur sehingga campuran udara-bahan bakar dapat bersenyawa. Pada proses ini pemacu bunga api berasal dari percikan api busi.

Prosesnya sebagai berikut:

- Torak bergerak dari TMB ke TMA.
- Katup masuk dan katup buang kedua-duanya tertutup sehingga gas yang telah dihisap tidak keluar pada waktu ditekan oleh torak yang mengakibatkan tekanan gas akan naik.
- Beberapa saat sebelum torak mencapai TMA busi mengeluarkan api.
- Gas bahan bakar yang telah mencapai tekanan tinggi terbakar.
- Akibat pembakaran bahan bakar, tekanannya akan naik menjadi kira-kira tiga kali lipat.

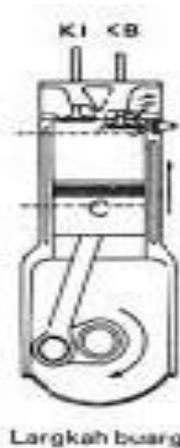
---

**Langkah kerja / ekspansi :**

Gambar 2.4 Skema Langkah Kerja (ekspansi) torak motor 4 langkah  
(Sumber: Arismunandar, 2005)

Prosesnya sebagai berikut:

- Katup masuk dan katup buang dalam keadaan tertutup.
- Gas terbakar dengan tekanan yang tinggi akan mengembang kemudian menekan torak turun ke bawah dari TMA ke TMB.
- Tenaga ini disalurkan melalui batang penggerak, selanjutnya oleh poros engkol diubah menjadi gerak berputar.

**Langkah pembuangan :**

Gambar 2.5 Skema Langkah Pembuangan torak motor 4 langkah  
(Sumber: Arismunandar, 2005)

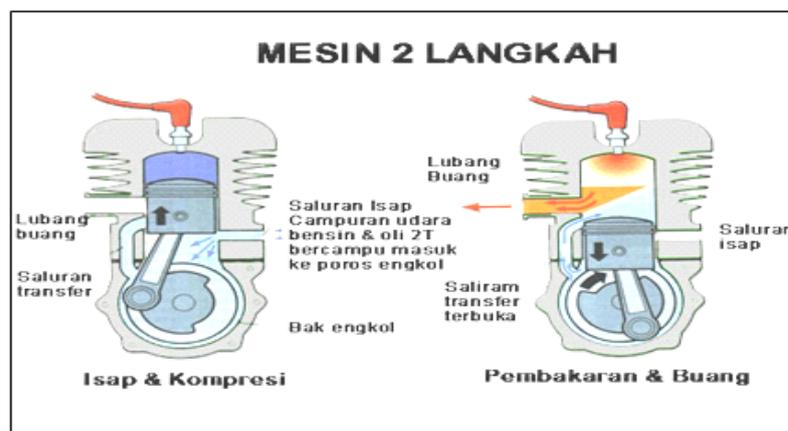
Langkah buang menjadi sangat penting untuk menghasilkan operasi kinerja mesin yang lembut dan efisien. Piston bergerak mendorong gas sisa pembakaran keluar dari silinder menuju pipa knalpot. Proses ini harus dilakukan dengan total, dikarenakan sedikit saja terdapat gas sisa pembakaran yang tercampur bersama pemasukkan gas baru akan mengurangi potensial tenaga yang dihasilkan.

Prosesnya sebagai berikut:

- Katub buang terbuka, katub masuk tertutup.
- Torak bergerak dari TMB ke TMA.
- Gas sisa pembakaran terdorong oleh torak keluar melalui katub buang.

#### 2.2.2.2 Motor Bensin 2 Langkah

Motor bensin 2 langkah adalah mesin yang proses pembakarannya dilaksanakan dalam satu kali putaran poros engkol atau dalam dua kali gerakan piston.



Gambar 2.6 Skema Gerakan Torak 2 Langkah  
(Sumber : Jama, 2008 )

Gambar di atas merupakan kerja pada motor 2 langkah. Jika piston bergerak naik dari titik mati bawah ke titik mati atas maka saluran bilas dan saluran buang akan tertutup. Dalam hal ini bahan bakar dan udara dalam ruang bakar dikompresikan. Selanjutnya campuran bahan bakar dan udara masuk ruang

---

engkol, beberapa derajat sebelum piston mencapai titik mati atas, busi akan meloncatkan api sehingga terjadi pembakaran bahan bakar.

Prinsip kerja dari motor 2 langkah :

**Langkah hisap :**

- Torak bergerak dari TMA ke TMB.
- Pada saat saluran bilas masih tertutup oleh torak, dalam bak mesin terjadi kompresi terhadap campuran bensin dengan udara.
- Di atas torak, gas sisa pembakaran dari hasil pembakaran sebelumnya sudah mulai terbuang keluar saluran buang.
- Saat saluran bilas terbuka, campuran bensin dengan udara mengalir melalui saluran bilas terus masuk kedalam ruang bakar.

**Langkah kompresi :**

- Torak bergerak dari TMB ke TMA.
- Rongga bilas dan rongga buang tertutup, terjadi langkah kompresi dan setelah mencapai tekanan tinggi busi memercikkan bunga api listrik untuk membakar campuran bensin dengan udara.
- Pada saat yang bersamaan, di bawah (di dalam bak mesin) bahan bakar yang baru, masuk dalam bak mesin melalui saluran masuk.

**Langkah kerja/ekspansi :**

- Torak kembali dari TMA ke TMB akibat tekanan besar yang terjadi pada waktu pembakaran bahan bakar
- Saat itu torak turun sambil mengkompresi bahan bakar baru di dalam bak mesin.

**Langkah buang :**

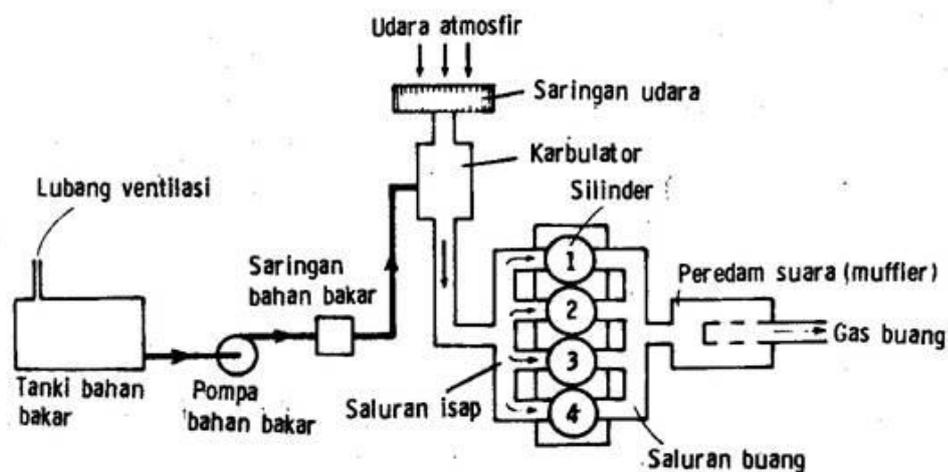
- Menjelang torak mencapai TMB, saluran buang terbuka dan gas sisa pembakaran mengalir terbuang keluar.

- Pada saat yang sama bahan bakar baru masuk ke dalam ruang bahan bakar melalui rongga bilas.
- Setelah mencapai TMB kembali, torak mencapai TMB untuk mengadakan langkah sebagai pengulangan dari yang dijelaskan di atas.

### 2.2.3 Sistem Pada Motor Bakar

#### 2.2.3.1 Sistem Bahan Bakar

Motor bensin merupakan jenis dari motor bakar, motor bensin kebanyakan dipakai sebagai kendaraan bermotor yang berdaya kecil seperti mobil, sepeda motor, dan juga untuk motor pesawat terbang. Pada motor bensin selalu diharapkan bahan bakar dan udara itu sudah tercampur dengan baik sebelum dinyalakan oleh busi. Pada motor bakar sering memakai sistem bahan bakar menggunakan karburator. Pada gambar (2.7) diterangkan skema sistem penyaluran bahan bakar.



Gambar 2.7 Skema sistem penyaluran bahan bakar  
(Sumber: Arismunandar, 2005)

Pompa bahan bakar memompakan bahan bakar dari tangki bahan bakar ke karburator untuk memenuhi jumlah bahan bakar yang harus tersedia tersedia dalam karburasi. Pompa ini terutama dipakai apabila letak tangki lebih rendah dari pada letak karburator. Untuk membersihkan bahan bakar dari kotoran yang dapat mengganggu aliran atau menyumbat saluran bahan bakar, terutama di dalam

---

karburator, digunakan saringan atau *filter*. Sebelum masuk ke dalam saringan, udara mengalir melalui karburator yang mengatur pemasukan, pencampuran, dan pengabutan bahan bakar ke dalam, sehingga diperoleh perbandingan campuran bahan bakar dengan dengan udara yang sesuai dengan keadaan beban dan kecepatan poros engkol. Penyempurnaan pencampuran bahan bakar udara tersebut berlangsung baik di dalam saluran isap maupun di dalam silinder sebelum campuran itu terbakar. Campuran itu haruslah homogen serta perbandingannya sama untuk setiap silinder, campuran yang kaya (*rich fuel*) diperlukan dalam keadaan tanpa beban dan beban penuh sedangkan campuran yang miskin (*poor fuel*) diperlukan untuk oprasi normal.

### 2.2.3.2 Bahan Bakar

Bahan bakar (*fuel*) adalah segala sesuatu yang dapat terbakar, misalnya : kertas, kayu, minyak tanah, batu bara, bensin, dan sebagainya. Untuk melakukan pembakaran diperlukan beberapa unsur, yaitu :

- a. Bahan bakar
- b. Udara
- c. Suhu untuk mulai pembakaran

Terdapat beberapa jenis bahan bakar, antara lain :

- a. Bahan bakar padat
- b. Bahan bakar cair
- c. Bahan bakar gas

Kriteria umum yang harus dipenuhi bahan bakar yang akan digunakan untuk motor bakar adalah sebagai berikut :

- a. Proses pembakaran bahan bakar dalam silinder harus secepat mungkin dan panas yang dihasilkan harus tinggi.
- b. Bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan atau deposit setelah proses pembakaran terjadi karena akan mengakibatkan kerusakan pada dinding silinder.

- 
- c. Gas sisa pembakaran harus tidak berbahaya pada saat dilepaskan ke atmosfer.

Karakteristik paling utama yang diperlukan dalam bahan bakar bensin adalah sifat pembakarannya. Dalam pembakaran normal, campuran uap bensin dan udara harus terbakar seluruhnya secara teratur dalam suatu *front* nyala yang menjalar dengan rata dari busi pada mesin. Sifat pembakaran bensin biasanya diukur dengan angka oktan.

#### 2.2.3.2.1 Premium

Bahan bakar bensin adalah pemurnian dari *naptha* yang komposisinya dapat digunakan untuk bahan bakar. *Naptha* adalah semua jenis minyak ringan (*light oil*) yang memiliki sifat antara bensin (*gasoline*) dan kerosin. Kata bensin berasal dari kata *benzene* (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) bagian dari minyak bumi mentah yang berupa campuran bahan hidrokarbon. Bensin sangat mudah menguap yaitu pada suhu 40° C sebanyak 30-16 % kepadatan sekitar 700-750 kg/m, sifat mudah menguap mempunyai akibat bahwa setelah dikabutkan menjadi tetesan-tetesan halus yang dapat disalurkan ke dalam silinder oleh aliran udara. Bensin yang dapat dipasarkan diberi tambahan zat aditif untuk memperbaiki sifat-sifat agar tidak mudah menggumpal bila disimpan lama.

Bensin untuk motor-motor *automobile* terdiri dari campuran fluida sebagai berikut:

- a. *Straight run naptha* yaitu minyak bumi yang mendidih sampai suhu 400°F.
- b. *Reformed naptha* diperoleh dengan cara pengolahan termis.
- c. *Casing head gasoline* diperoleh dari hasil proses distilasi kering gas alam (natural gas).

Bahan bakar jenis distilat berwarna kekuning-kuningan yang jernih. Warna kuning tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan. Penggunaan premium pada umumnya adalah untuk jenis kendaraan bermotor bensin, seperti : mobil, sepeda

motor, dan lain-lain. Bahan bakar ini sering juga disebut motor gasoline atau petrol.

**Tabel 2.1** Spesifikasi premium

NO	Sifat	Min	Max
1	Angka oktana riset RON	88	
2	Kandungan Pb (gr/lt)		0,30
3	Distilasi		
	10% vol penguapan (°C)		74
	50% vol penguapan (°C)	88	125
	90% vol penguapan (°C)		180
	Titik didih akhir (°C)		205
	Residu (°C)		2,0
4	Tekanan uap Reid pada 37,8 °C (psi)		9,0
5	Getah purawa (mg/100ml)		4
6	Periode induksi (menit)	240	
7	Kandungan belerang (% massa)		0,02
8	Korosi bilah tembaga (3 jam/50 °C)		No.1
9	Uji dokter atau belerang mercapatan		0,00
10	Warna	kuning	2

(Sumber : Keputusan Dirjen Migas No. 940/34/DJM/2002)

Bensin premium mempunyai sifat anti ketukan yang baik dan dapat dipakai pada mesin kompresi tinggi pada saat semua kondisi. Sifat-sifat yang perlu dipertahankan pada bahan bakar bensin adalah :

- a. Kecepatan menguap (*volatility*)
- b. Kualitas pengetukan (kecenderungan berdetonasi)
- c. Kadar belerang
- d. Titik nyala
- e. Berat jenis

---

Bahan bakar mesin merupakan persenyawaan hidrokarbon yang diolah dari minyak bumi. Untuk mesin bensin dipakai bensin dan untuk mesin diesel disebut minyak diesel atau sering disebut solar. Sedangkan premium adalah bensin dengan mutu yang diperbaiki. Unsur utama bensin adalah *carbon* (C) dan *hydrogen* (H).

Bensin terdiri dari *octane* ( $C_8H_{18}$ ) dan *nephane* ( $C_7H_{16}$ ). Pemilihan bensin sebagai bahan bakar berdasarkan pertimbangan dua kualitas, yaitu nilai kalor (*calorific value*) yang merupakan sejumlah energy panas yang bisa digunakan untuk menghasilkan kerja/usaha dan *volatility* yang mengukur seberapa mudah bensin akan menguap pada suhu rendah. Dua hal tadi perlu dipertimbangkan karena semakin tinggi nilai kalor, *volatilitynya* akan turun, padahal *volatility* yang rendah dapat menyebabkan bensin susah untuk terbakar.

Perbandingan campuran bensin dan udara harus ditentukan sedemikian rupa agar bisa diperoleh efisiensi dan pembakaran yang sempurna. Secara tepat perbandingan campuran bensin dan udara yang ideal (perbandingan *stoichiometric*) untuk proses pembakaran yang sempurna pada mesin adalah 1 : 14,7. Namun pada prakteknya, perbandingan campuran optimum tersebut tidak bisa diterapkan terus menerus pada setiap keadaan oprasional, contohnya saat putaran ideal (lambat) dan beban penuh kendaraan mengkonsumsi campuran udara bensin bisa mendekati yang ideal. Dikatakan campuran kurus/miskin, jika di dalam campuran bensin dan udara tersebut terdapat lebih dari 14,7 prosentase udara. Sedangkan jika kurang dari angka tersebut disebut campuran kaya/gemuk.

Untuk mengetahui apakah campuran bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar mempunyai rasio yang tepat, bisa melihat kondisi motor di bagian ruang bakar dan performa saat dinyalakan.

Campuran yang terlalu kurus/miskin, bisa ditandai dengan kondisi sebagai berikut:

- a. *Electrode* pada busi berwarna putih.
- b. *Stasioner* / lambat tidak stabil.

- 
- c. Mesin terasa cepat panas dan sulit dihidupkan.
  - d. Mesin terjadi detonasi.

Campuran yang terlalu gemuk/kaya, bisa ditandai dengan kondisi sebagai berikut:

- a. *Electrode* pada busi berwarna hitam dan basah.
- b. Gas buang berwarna hitam
- c. Bahan bakar sangat boros
- d. Putaran mesin tidak stabil
- e. Banyak deposit karbon di dalam ruang bakar
- f. Mesin sulit untuk dinyalakan

Campuran yang tepat akan menghasilkan pembakaran yang sempurna sehingga busi berwarna coklat keabu-abuan dan kering, deposit karbon tidak banyak terbentuk, putaran mesin stabil dan mesin mudah dinyalakan.

#### **2.2.3.2.2 Peralite**

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

Harga peralite dijual perdana dengan harga promo Rp 8.400/liter per 21 Juli 2015, sehingga berselisih lebih tinggi sebesar Rp 1.100/liter dengan Premium (pada waktu itu). Peralite diuji coba di 101 SPBU yang tersebar pada sekitar wilayah Jabodetabek, Bandung, dan Surabaya. Selain itu, Peralite memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan Premium. Peralite direkomendasikan untuk kendaraan yang memiliki kompresi 9,1-10,1 dan mobil keluaran tahun 2000 ke atas, terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan Electronic Fuel Injection (EFI) dan catalytic converters (pengubah katalitik).

Selain itu, RON 90 membuat pembakaran pada mesin kendaraan dengan teknologi terkini lebih baik dibandingkan dengan Premium yang memiliki RON

88. Sehingga sesuai digunakan untuk kendaraan roda dua, hingga kendaraan multi purpose vehicle ukuran menengah. Hasil uji yang dilakukan Pertamina, untuk kendaraan seperti Toyota Avanza/Daihatsu Xenia, satu liter Peralite mampu menempuh jarak 14,78 Km. Sementara, satu liter Premium mampu menempuh jarak 13,93 Km.

**Tabel 2.2** Spesifikasi Peralite

NO	Sifat	Min	Max
1	Angka oktana riset RON	90	
2	Kandungan Pb (gr/lt)	-Injeksi timbal tidak diijinkan -Dilaporkan	
3	Distilasi		
	10% vol penguapan (°C)		74
	50% vol penguapan (°C)	88	125
	90% vol penguapan (°C)		180
	Titik didih akhir (°C)		215
	Residu (°C)		2,0
4	Sedimen (mg/l)		1
5	Unwashed gum (mg/100ml)		70
6	Washed gum (mg/100ml)		5
7	Tekanan Uap (kPa)	45	69
8	Berat jenis (pada suhu 15 °C)	715	770
9	Korosi bilah tembaga (merit)		Kelas 1
10	Sulfur mercaptan		0,002
11	Warna	Hijau	

(Sumber :Dirjen Migas Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 313 Tahun 2013 tentang Spesifikasi BBM RON 90)

Untuk membuat Peralite komposisi bahannya adalah *nafta* yang memiliki RON 65-70, agar RON-nya menjadi RON 90 maka dicampurkan HOMC (*High Octane Mogas Component*), HOMC bisa juga disebut Pertamax, percampuran HOMC yang memiliki RON 92-95, selain itu juga ditambahkan zat aditif EcoSAVE. Zat aditif EcoSAVE ini bukan untuk meningkatkan RON tetapi agar mesin menjadi bertambah halus, bersih dan irit.

- a. **Nafta** adalah material yang memiliki titik didih antara gasolin dan kerosin yang digunakan untuk :

- 
1. Pelarut dry cleaning (pencuci)
  2. Pelarut karet
  3. Bahan awal etilen
  4. Bahan bakar jet dikenal sebagai JP-4
- b. **HOMC** (*High Octane Mogas Component*), merupakan produk *naphtha* (komponen minyak bumi) yang memiliki struktur kimia bercabang dan ring (lingkar) berangka oktan tinggi (daya bakar lebih sempurna dan instant cepat), Oktan diatas 92, bahkan ada yang 95, sampai 98 lebih. Kebanyakan merupakan hasil olah lanjut *Naphtha* jadi ber-angka oktane tinggi atau hasil perengkahan minyak berat menjadi HOMC. Terbentuknya oktane number tinggi adalah hasil perengkahan katalitik ataupun sintesa catalityc di reaktor kimia Unit kilang RCC/FCC/RFCC atau Plat Forming atau proses polimerisasi katalitik lainnya.

### 2.2.3.2.3 Pertamax

Pertamax merupakan merupakan bahan bakar ramah lingkungan (*unleaded*) dengan nilai oktan yang tinggi hasil dari penyempurnaan produk Pertamina sebelumnya. Formula barunya yang terbuat dari bahan baku berkualitas tinggi memastikan mesin kendaraan bermotor bekerja dengan baik, lebih bertenaga, “*knock free*”, rendah emisi, dan memungkinkan menghemat konsumsi bahan bakar. Pertamax ditunjukkan untuk kendaraan yang mengharuskan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan tanpa timbale (*unleaded*).

Pertamax juga direkomendasikan untuk kendaraan yang diproduksi di atas tahun 1990 terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan *electronic fuel injection* dan *catalytic converter*. Bagi pengguna kendaraan yang diproduksi tahun 1990 tetapi menginginkan peningkatan kinerja mesin kendaraanya juga dapat menggunakan produk ini. Pertamax memiliki nilai oktan 92 dengan stabilitas oksidasi yang tinggi dan kandungan *olefin*, *aromatic* dan *benzene* pada level yang rendah sehingga menghasilkan pembakaran yang sempurna pada mesin. Dilengkapi dengan adiktif generasi 5 dengan sifat *detergency* yang memastikan *injector* bahan bakar, karburator, *inlet valve* dan ruang bakar tetap

bersih untuk menjaga kinerja mesin tetap optimal. Pertamina sudah tidak menggunakan campuran timbal dan metal lainya yang sering digunakan pada bahan bakar lain untuk meningkatkan nilai oktan sehingga pertamax merupakan bahan bakar yang bersahabat dengan lingkungan atau ramah lingkungan.

**Tabel 2.3** Spesifikasi Pertamina

NO	Sifat	Min	Max
1	Angka oktana riset RON	92	
2	Kandungan Pb (gr/lt)		0,30
3	Distilasi		
	10% vol penguapan (°C)		70
	50% vol penguapan (°C)	77	110
	90% vol penguapan (°C)		180
	Titik didih akhir (°C)		205
	Residu (°C)		2,0
4	Tekanan uap reid pada 37,8 °C (psi)	45	60
5	Getah purawa (mg/100ml)		4
6	Periode induksi (menit)	480	
7	Kandungan belerang (% massa)		0,01
8	Korosi bilah tembaga (3 jam/50 °C)		No.1
9	Uji dokter atau belerang mercapatan		0,00
10	Warna	Biru	2

(Sumber : Keputusan Dirjen Migas No. 940/34/DJM/2002)

#### 2.2.4 Angka Oktan

Angka *oktan* adalah suatu bilangan yang menunjukkan sifat anti ketukan/detonasi. Semakin tinggi angka oktan suatu bahan bakar maka semakin besar kecenderungan mesin tidak mengalami ketukan. Angka oktan suatu bahan bakar dapat ditentukan dengan bantuan mesin CFRE (*Cooperative Fuel Research Engine*), dimana bahan bakar dibandingkan dengan bahan bakar rujukan yang terbuat dari n-heptana (angka oktan 0) dan iso-oktan (angka oktan 100). Angka

---

oktan bensin yang didefinisikan sama dengan persentase iso-oktan dalam bahan bakar rujukan yang memberikan intensitas yang sama pada mesin uji.

Besar angka oktan bahan bakar tergantung pada presentase *iso-oktan* ( $C_8H_{18}$ ) dan normal heptana ( $C_7H_{16}$ ) yang terkandung di dalamnya. Bensin yang cenderung ke arah sifat *heptane normal* disebut bernilai oktan rendah (angka oktan rendah) karena mudah berdetonasi, sebaliknya bahan bakar yang lebih cenderung ke arah sifat *iso-oktan* (lebih sukar berdetonasi) dikatakan bernilai oktan tinggi (angka oktan tinggi). Misalnya, suatu bensin dengan angka oktan 90 akan lebih sukar berdetonasi daripada dengan bensin beroktan 70. Jadi kecenderungan bensin untuk berdetonasi dinilai dari angka oktanya *iso-oktan* murni diberi indeks 100, sedangkan *heptana normal* murni diberi indeks 0. Dengan demikian, suatu bensin dengan angka oktan 90 berarti bahwa bensin tersebut mempunyai kecenderungan berdetonasi sama dengan campuran yang terdiri atas 90% volume *iso-oktan* dan 10% volume *heptana normal*.

Untuk mendapat bensin dengan angka oktan cukup tinggi, produsen bensin dapat menempuh dengan beberapa cara, antara lain :

- a. Menambah aditif peningkat angka oktan seperti *timbal-tetra-etil* (TEL) dan *timbal-tetra-metil* (TML). Namun penambahan zat-zat aditif ini mengakibatkan gas-gas hasil pembakaran bensin dari kendaraan mengandung timbal yang pada konsentrasi tertentu dapat menimbulkan pencemaran dan mengganggu kesehatan.
- b. Menggunakan komponen beroktan tinggi sebagai bahan ramuan, misalkan alcohol atau eter.

**Tabel 2.4** Angka oktan untuk bahan bakar

NO	Jenis Bahan Bakar	Angka Oktan
1	Premium	88
2	Pertalite	90
3	Pertamax	92
4	Pertamax Plus	95
5	Benzena	101
6	Methane	107
7	Ethane	108
8	Propane	110
9	Metanol	113
10	Bensol	114
11	Ethanol	116

### 2.2.5 Kestabilan Kimia dan Kebersihan Bahan Bakar

Kestabilan kimia bahan bakar sangat penting, karena berkaitan dengan kebersihan bahan bakar yang selanjutnya berpengaruh terhadap sistem pembakaran dan sistem saluran. Pada temperature tinggi, sering terjadi polimer yang berupa endapan-endapan *gum*. Endapan *gum* (getah) ini berpengaruh kurang baik terhadap sistem saluran, misalnya pada katup-katup dan saluran bahan bakar.

### 2.2.6 Sistem Pembakaran

Secara umum pembakaran didefinisikan sebagai reaksi kimia atau reaksi kesenyawaan bahan bakar dengan oksigen. Mekanisme pembakaran sangat dipengaruhi oleh keadaan dari keseluruhan proses pembakaran, sebagaimana diketahui bahwa bensin mengandung unsure-unsur karbon dan hidrogen.

Ada 3 teori mengenai terbentuknya hidrogen tersebut :

- a. Hidrokarbon terbakar bersama-sama dengan oksigen sebelum karbon bergabung dengan oksigen.

- 
- b. Karbon terbakar lebih dahulu daripada oksigen.
  - c. Senyawa hidrokarbon terlebih dahulu bergabung dengan oksigen dan membentuk senyawa (*hidroxilasi*) yang kemudian dipecah secara *thermis*(Yaswaki, K, 1994).

Dalam pembakaran hidrokarbon tidak terjadi gejala apabila kondisinya memungkinkan untuk proses *hidroxilasi*, hal ini akan terjadi apabila campuran terdahulu (*premixture*) antara bahan bakar dengan udara mempunyai waktu yang cukup, sehingga memungkinkan masuknya oksigen ke dalam senyawa hidrokarbon (Yaswaki, K, 1994).

Bila oksigen dan hidrokarbon ini tidak tercampur dengan baik, maka akan terjadi proses *cracking* dimana akan timbul asap, pembakaran semacam ini disebut pembakaran tidak normal.

Ada 2 kemungkinan yang dapat terjadi pada pembakaran motor bensin :

- a. Pembakaran normal, dimana bahan bakar akan dapat terbakar seluruhnya pada saat dan kendaraan yang dikehendaki.
- b. Pembakaran tidak normal, dimana bahan bakar tidak ikut terbakar atau tidak terbakar sama-sama pada saat dan keadaan yang dikehendaki.

### **2.2.7 Efisiensi Bahan Bakar dan Efisiensi Panas**

Nilai kalor (panas) bahan bakar perlu diketahui, agar neraca kalor dari motor dapat dibuat. Efisiensi atau tidak kerjanya suatu motor, ditinjau atas dasar nilai kalor bahan bakarnya. Nilai kalor mempunyai hubungan dengan berat jenis. Pada umumnya makin tinggi berat jenis maka makin rendah nilai kalornya. Pembakaran dapat berlangsung dengan sempurna, tetapi juga dapat tidak sempurna.

Pembakaran yang kurang sempurna dapat berakibat :

- 
- a. Kerugian panas dalam motor menjadi besar, sehingga efisiensi motor menjadi turun, usaha dari motor menjadi turun pada penggunaan bahan bakar yang tetap.
  - b. Sisa pembakaran dapat menyebabkan pegas-pegas piston melekat pada alurnya, sehingga tidak berfungsi lagi sebagai pegas torak.
  - c. Sisa pembakaran dapat pula melekat pada lubang pembuangan antara katup dan dudukannya, terutama pada katup buang, sehingga katup tidak menutup dengan rapat.
  - d. Sisa pembakaran yang telah menjadi keras yang melekat antara piston dan dinding silinder menghalangi pelumasan, sehingga piston dan silinder mudah aus.

Efisiensi bahan bakar dan efisiensi panas sangat menentukan bagi efisiensi motor itu sendiri. Setiap motor mempunyai efisiensi yang berbeda-beda.

### **2.2.8 Sistem Pengapian**

Fungsi pengapian adalah memulai pembakaran atau menyalakan campuran bahan bakar dan udara pada saat dibutuhkan, sesuai dengan beban dan putaran motor. Sumber api diambil dari tenaga listrik tegangan tinggi yang dapat memercikan letusan api di antara elektroda busi. Sedangkan listrik tegangan tinggi tersebut diperoleh dengan memanfaatkan magnet atau kumparan induksi dalam koil.

### **2.2.9 Dynamometer Test**

*Dyno/dynamometer* adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur tenaga/kekuatan, gaya puntir (*torsi*). Contohnya adalah, tenaga yang dihasilkan oleh mesin, yang dapat dihitung dengan mengukur secara simultan torsi dan kecepatan rotasi per menit RPM (*Revolutions Per Minute*).

Dalam tulisan pertama telah dijelaskan bahwa *horsepower* merupakan kemampuan untuk mengusung beban selama periode tertentu dan Torsi merupakan hasil dari gaya pada media yang memiliki sudut (*angular momentum*)

---

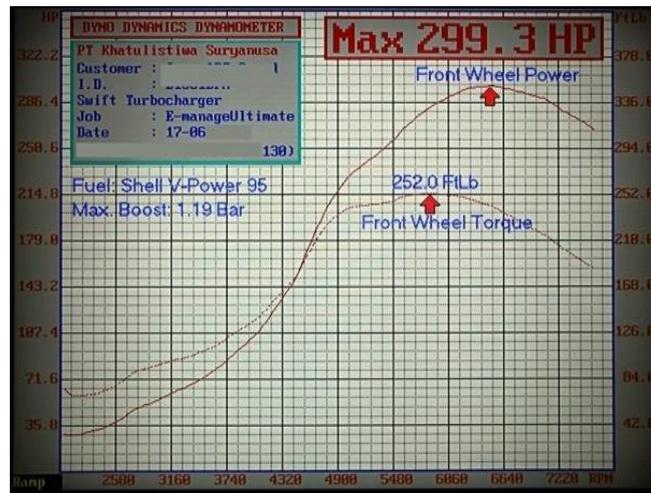
sehingga memiliki sudut relatif yang mempengaruhi besarnya gaya yang dihasilkan dalam suatu masa.



Gambar 2.8 Mesin *dynamometer test*

Manfaat utama dari alat *dynamometer* (dyno) adalah untuk mendapatkan nilai torsi (*torque*) dan horsepower (HP) yang dihasilkan oleh mesin pada RPM (*Revolutions Per Minute*) tertentu.

Mengetahui nilai *torsi* dan *horsepower* pada RPM tertentu sangat penting diketahui di ajang motorsport. Hal ini agar para tuner dan pembalap tahu kondisi mesin yang digunakan, baik sebelum dimodifikasi ataupun peningkatan nilai Torsi dan HP setelah dilakukan modifikasi. Hal ini sangat penting mulai saat penyetingan mesin hingga komponen yang ada dan tersambung dari flywheel hingga ke bagian roda.



Gambar 2.9 Torsi (*Torque*) dan *Horsepower* (HP) pada RPM tertentu (<http://mobil.sportku.com>)

### 2.2.9.1 Manfaat Umum Penggunaan Dynamometer

Pengetesan lewat Dynometer memberikan beberapa manfaat antara lain:

- Aman, karena pengetesan mesin dari RPM paling rendah hingga RPM tertinggi pada gigi transmisi perbandingan 1:1, dilakukan menggunakan mesin dynamometer (dyno), dan bukan dilakukan di jalan umum.
- Hasil yang pasti, karena pengetesan dilakukan dengan menggunakan parameter testing yang dibuat khusus untuk mencari hasil Torsi dan Horsepower
- Pada bererapa mesin Dyno, tersedia spesifikasi kendaraan OEM, sehingga operator Dyno tinggal memilih jenis kendaraan dan tipe mesin
- Pada bererapa mesin Dyno, tersedia Weather Station, dimana pengetesan menggunakan suhu udara, tekanan udara yang sama dan konsisten, sehingga alat Dyno mampu memberikan hasil Torsi dan Horsepower yang akurat
- Dengan menggunakan parameter yang konsisten, maka pengetesan dapat dilakukan berulang kali dengan kondisi yang sama dan konsisten sehingga alat Dyno mampu memberikan hasil lebih akurat
- Hasil yang konsisten, karena kondisi pengetesan dapat dibuat konsisten dengan melakukan setting suhu udara, tekanan udara dan berbagai parameter lainnya yang dapat mempengaruhi *Torsi* dan *Horsepower*.

Hasil dari Dyno ini dapat memperlihatkan kondisi mesin sebenarnya, apakah mesin tersebut dalam kondisi pembakaran sempurna, dan berbagai hal lainnya. Dengan adanya report untuk kebutuhan standard, maka pemilik kendaraan dapat melakukan tuning sehingga performa kendaraan dapat kembali sesuai dengan spesifikasi pabrik.

### 2.2.10 Perhitungan Torsi, Daya, dan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Torsi adalah indicator baik dari ketersediaan mesin untuk kerja. Torsi didefinisikan sebagai gaya yang bekerja pada jarak momen dan apabila dihubungkan dengan kerja dapat ditunjukkan dengan (Heywood, 1988):

$$T = F \cdot L \dots\dots\dots(2.1)$$

$$T1 \text{ (Torsi Water Break Dynamometer )} = F \cdot L \text{ (N.m)}$$

$$T2 \text{ (Torsi Motor)} = T1 : \text{rasio gigi (N.m)}$$

Dengan: T : torsi (N.m)

F : gaya yang terukur pada *dynamometer* (kgf)

L : x = panjang lengan pada *dynamometer* (0,21m)

Rasio gigi = 3,115

Daya adalah besar usaha yang dihasilkan oleh mesin tiap satuan waktu, didefinisikan sebagai laju kerja mesin, ditunjukkan dengan persamaan (Jhon B. Heywood, 1988):

$$P = \frac{\pi n T}{60} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dengan : P : daya (W)

n : putaran mesin/*dynamometer*(RPM)

T : torsi (N.m)

Dalam hal ini daya secara normal diukur dalam kW, tetapi satuan HP masih digunakan juga, dimana :

$$1\text{HP} = 0,7457 \text{ (kW)}$$

$$1\text{kW} = 1,341 \text{ (HP)}$$

Konsumsi bahan bakar spesifik adalah pemakaian bahan bakar yang terpakai perjam untuk setiap daya yang dihasilkan pada motor bakar. Konsumsi bahan bakar spesifik didefinisikan dengan persamaan (Aris munandar, 2002):

$$SFC = \frac{\dot{m}_f}{P} \frac{kg}{kWh} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan:  $\dot{m}_f$  = laju aliran bahan bakar masuk mesin

$$\dot{m}_f = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \rho_{bb} \text{ (kg/jam)}$$

$b$  = volume *buret* yang dipakai dalam pengujian (cc)

$t$  = waktu yang diperlukan untuk pengosongan buret dalam detik (s)

$\rho_{bb}$  = massa jenis bahan bakar

$\rho_{bensin}$  = 0,74 kg/l

$P$  = daya mesin (kW)

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 juga. 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 juga. 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 juga pada penggunaan bahan bakar yang tetap.
2. Sisa pembakaran terdapat juga pada lubang pembuangan antara katup dan dudukannya, terutama pada katub buang sehingga katub tidak dapat menutup dengan rapat. Sisa pembakaran yang telah menjadi keras yang melekat antara torak dan dinding silinder menghalangi pelumasan, sehingga torak dan silinder mudah aus.
3. 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.
4. Panas yang keluar dari pembakaran dalam silinder, motor akan memanaskan gas pembakaran sedemikian tinggi, sehingga gas-gas itu memperoleh tekanan yang lebih tinggi. 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 juga. Jadi dapat disimpulkan bahwa pembakaran yang kurang sempurna dapat berakibat :

5. Kerugian panas dalam motor menjadi bertambah, sehingga efisiensi motor menjadi turun.
6. Sisa pembakaran terdapat pada lubang pembuangan antara katup dan dudukannya, terutama pada katup buang sehingga katup tidak dapat menutup dengan rapat.

### 2.2.11 Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah sisa gas hasil pembakaran yang keluar melalui saluran buang atau knalpot, gas yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor dibagi menjadi tiga:

1. *Blow by gas* (gas hembusan)

Gas ini dihembuskan ke *crankcase* melalui celah antara piston dan silinder, terdiri dari gas yang tidak terbakar. Gas yang terbakar dan berhembusan ke *crankcase* melalui celah disebut *Blow by gas*. Gas ini terdiri dari gas HC.

2. Gas hasil penguapan bahan bakar dari karburator dan tangki yang menghasilkan gas HC.
3. Gas bekas (gas pembuangan). Gas yang keluar dari knalpot yang terdiri dari: CO, NO dan HC.

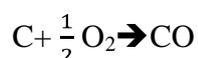
Sebab-sebab timbulnya CO, HC dan NO<sub>x</sub>:

1. CO

Bila karbon di dalam bahan bakar terbakar habis dengan sempurna maka terjadi reaksi sebagai berikut:



Dalam proses ini, yang terjadi adalah CO<sub>2</sub>. Apabila unsure-unsur oksigen tidak cukup akan terjadi proses pembakaran yang tidak sempurna sehingga karbon di dalam bahan bakar terbakar dalam suatu proses sebagai berikut:



Pada kenyataanya gas CO yang dikeluarkan oleh mesin kendaraan banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran dari jumlah suplai antara udara dengan bahan bakar (setingan karburator) yang dihisap oleh mesin ( $A/F$ ). Jadi untuk mengurangi CO, perbandingan campuran ini harus dibuat kurus (*exses air*), tetapi akibat lain HC dan  $NO_x$  lebih mudah timbul serta *output* mesin menjadi berkurang.

## 2. HC

Dari gas buang HC dibagi menjadi 2 yaitu:

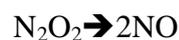
1. Bahan bakar yang tidak terbakar dan keluar menjadi gas hidrokarbon.
2. Bahan bakar terpecah karena reaksi panas berubah menjadi gugusan HC yang lain, yang keluar bersama gas buang.

Berikut ini adalah sebab-sebab utama timbulnya HC:

- a. Sekitar dinding-dinding ruang bakar yang bertemperatur rendah, temperature itu tidak mampu melakukan pembakaran.
- b. Adanya *overlap* (kedua *valve* sama-sama terbuka), jadi merupakan gas pembilas.

## 3. $NO_x$

Bila terjadi unsur-unsur  $N_2$  dan  $O_2$  pada temperature 1800-2000 °C akan terjadi reaksi sebagai berikut:



Gas NO dalam udara bebas berubah menjadi  $NO_2$ , dalam pembakaran mesin pada temperature 2000 °C gas NO akan terbuka.  $NO_x$  dalam gas buang terdiri dari 95% NO, 3-4%  $NO_2$  dan sisanya  $N_2O$ ,  $N_2O_3$  dan sebagainya.

Untuk memudahkan menganalisa kondisi mesin ada penjelasan sebagai berikut ini:

1. CO tinggi: AFR terlalu kaya ( $\frac{\mu}{BB} < 1.00$ ). Secara umum CO menunjukkan angka efisiensi dari pembakaran di ruang bakar. Tingginya CO karena kurangnya oksigen untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna.

- 
2. Normal CO: AFR dekat atau tetap pada titik ideal (AFR 14,7 atau  $\lambda=1.00$ ) maka emisi CO tidak akan lebih dari 1% untuk sistem injeksi dan 2.5 untuk sistem karburator.
  3. CO rendah: Sebenarnya tidak ada batasan dimana CO dikatakan terlalu rendah. Konsumsi CO terkadang masih terlihat normal walaupun campuran yang sangat kurus.
  4. HC tinggi: Menunjukkan adanya kelebihan bensin yang tidak terbakar karena kegagalan sistem pengapian atau pembakaran yang tidak sempurna. Konsentrasi HC diukur dalam satuan PPM (*part per million*). Penyebab umumnya adalah sistem pengapian tidak sempurna, ada kebocoran di *intake manifold* atau AFR.
  5. Konsentrasi Oksigen: Menunjukkan jumlah udara yang masuk ke ruang bakar berbanding dengan jumlah bensin. Angka ideal berkisar 1% hingga 2%.
  6. Konsentrasi oksigen tinggi: AFR terlalu kurus.
  7. Konsentrasi oksigen rendah: AFR terlalu kaya.
  8. Konsentrasi CO<sub>2</sub> tinggi: AFR berada dekat atau tepat pada kondisi ideal.
  9. Konsentrasi CO<sub>2</sub> rendah: AFR terlalu kurus atau terlalu kaya dan kebocoran pada *exhaust system*.
  10. Konsentrasi senyawa NO<sub>x</sub>: Termasuk nitrit oksida (NO) dan nitrat oksida (NO<sub>2</sub>) terbentuk bila temperatur ruang bakar mencapai lebih dari 2500°F (1350°C) dan bila mesin mendapat beban berat.
  11. Konsentrasi NO<sub>x</sub> tinggi: AFR terlalu kurus.
  12. Konsentrasi NO<sub>x</sub> rendah: Umumnya NO<sub>x</sub> adalah 0 PPM saat mesin ideal.

Standar emisi gas buang pada umumnya pada kendaraan dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

1. *System Carburator*
2. *System electronic fuel injection*

---

### 3. *System catalyst*

Berikut ini adalah emisi gas buang standard EURO (Tedjo, 2013)

#### 1. Emisi CO (*Carbon Monoxide*)

Mesin Carb : 1,5-3,5%

EFI : 0,5-1,5%

Cat : 0,0-0,2%

#### 2. Emisi HC (*hydro carbon*)

Mesin Carb : 200-400 ppm

EFI : 50-200 ppm

Cat : 0-50 ppm

#### 3. Emisi CO<sub>2</sub> (*carbondioxide*)

Mesin Carb : 12-15%

EFI : 12-16%

Cat : 12-17%

#### 4. Emisi O<sub>2</sub> (*oxygen*)

Mesin Carb : 0,5-2%

EFI : 0,5-2%

Cat : 0%

Standar Indonesia (Tedjo, 2013)

Mesin Carb : Max CO 3,5%

Max HC 800% ppm

EFI : Max CO 2,5%

Max HC 500% ppm