

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Motor Bakar

Motor bakar adalah suatu sistem yang dapat mengubah energi yang terkandung di dalam bahan bakar dan udara menjadi energi panas untuk dapat dimanfaatkan menjadi daya energi mekanik.

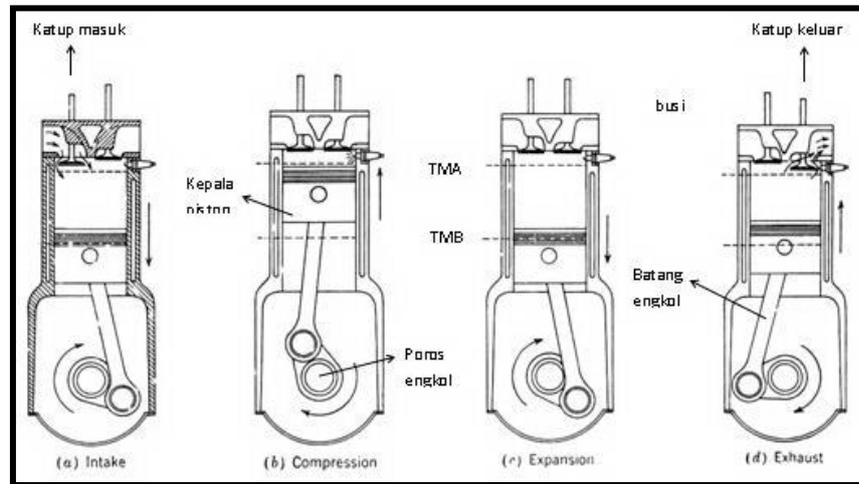
Proses pembakaran yang terjadi pada motor adalah suatu reaksi kimia yang berlangsung pada temperatur yang tinggi dan dalam waktu yang singkat. Reaksi seperti ini disebut *exoterm*, dimana dari reaksi ini dihasilkan sejumlah besar panas. Panas tersebut merupakan tenaga aliran yang kuat untuk mendorong piston sehingga piston akan bergerak dan diteruskan ke poros engkol menjadi gerak putar ( Arismunandar, 1983).

Berdasarkan dari siklus prosesnya motor bakar dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu motor bakar 2-langkah dan motor bakar 4-langkah. Sedangkan menurut bahan bakar yang digunakan, motor bakar diklasifikasikan dalam dua jenis yaitu motor bakar diesel dan motor bakar bensin.

### B. Motor Bensin 4-Langkah

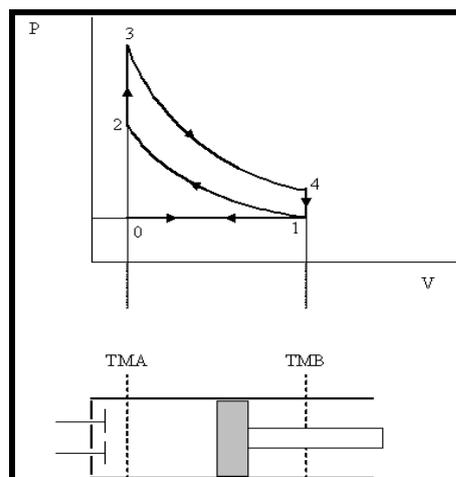
Motor bakar bensin 4-langkah adalah salah satu jenis mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*), dimana proses pembakarannya terjadi di dalam

silinder. Motor bakar bensin 4-langkah beroperasi menggunakan udara bercampur dengan bensin yang dibakar dengan menggunakan percikan api dari busi, karena itu motor bensin 4-langkah disebut juga *Spark Ignition engine (SI engine)* dan untuk menyelesaikan satu siklusnya diperlukan empat langkah piston atau dua kali putaran poros engkol, seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Siklus Motor Bakar Bensin 4-Langkah (Heywood, 1988).

Untuk lebih jelasnya proses-proses yang terjadi pada motor bakar bensin 4-langkah dapat dijelaskan melalui siklus ideal dari siklus udara volume konstan seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram P-v dari Siklus Ideal Motor Bakar Bensin 4-Langkah (Wikipedia, 2009).

Keterangan mengenai proses-proses pada siklus udara volume konstan dapat dijelaskan sebagai berikut (Wardono, 2004):

a. Proses  $0 \rightarrow 1$  : Langkah hisap (*Intake*)

Pada langkah hisap campuran udara-bahan bakar dari karburator terhisap masuk ke dalam silinder dengan bergerak piston ke bawah, dari TMA menuju TMB. Katup hisap pada posisi terbuka, sedang katup buang pada posisi tertutup. Di akhir langkah hisap, katup hisap tertutup secara otomatis. Fluida kerja dianggap sebagai gas ideal dengan kalor spesifik konstan. Proses dianggap berlangsung pada tekanan konstan.

b. 1) Proses  $1 \rightarrow 2$  : Langkah kompresi (*Compression*)

Pada langkah kompresi katup hisap dan katup buang dalam keadaan tertutup. Selanjutnya piston bergerak ke atas, dari TMB menuju TMA. Akibatnya campuran udara-bahan bakar terkompresi. Proses kompresi ini menyebabkan terjadinya kenaikan temperatur dan tekanan campuran tersebut, karena volumenya semakin kecil. Campuran udara-bahan bakar terkompresi ini menjadi campuran yang sangat mudah terbakar. Proses kompresi ini dianggap berlangsung secara isentropik.

2) Proses  $2 \rightarrow 3$  : Langkah pembakaran volume konstan

Pada saat piston hampir mencapai TMA, loncatan nyala api listrik diantara kedua elektroda busi diberikan ke campuran udara-bahan bakar terkompresi sehingga sesaat kemudian campuran udara-bahan bakar ini terbakar. Akibatnya terjadi kenaikan temperatur dan tekanan yang drastis. Kedua katup pada posisi tertutup. Proses ini dianggap sebagai proses pemasukan panas (kalor) pada volume konstan.

c. Proses 3  $\rightarrow$  4 : Langkah kerja/ekspansi (*Expansion*)

Kedua katup masih pada posisi tertutup. Gas pembakaran yang terjadi selanjutnya mampu mendorong piston untuk bergerak kembali dari TMA menuju TMB. Dengan bergerak piston menuju TMB, maka volume gas pembakaran di dalam silinder semakin bertambah, akibatnya temperatur dan tekanannya turun. Proses ekspansi ini dianggap berlangsung secara isentropik.

d. 1) Proses 4  $\rightarrow$  1 : Langkah buang volume konstan (*Exhaust*)

Saat piston telah mencapai TMB, katup buang telah terbuka secara otomatis sedangkan katup hisap masih pada posisi tertutup. Langkah ini dianggap sebagai langkah pelepasan kalor gas pembakaran yang terjadi pada volume konstan.

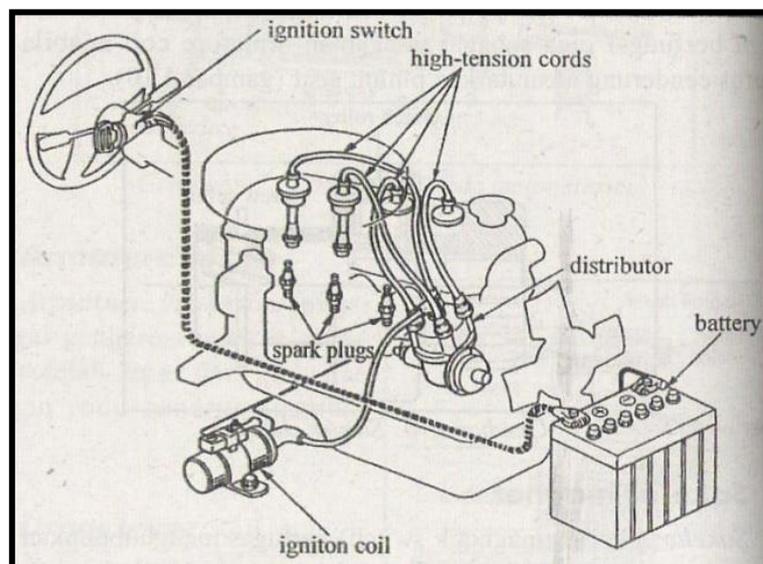
2) Proses 1  $\rightarrow$  0 : Langkah buang tekanan konstan

Selanjutnya piston bergerak kembali dari TMB menuju TMA. Gas pembakaran didesak keluar melalui katup buang (saluran buang) dikarenakan bergerak piston menuju TMA. Langkah ini dianggap sebagai langkah pembuangan gas pembakaran pada tekanan konstan.

### C. Sistem Pengapian

Sistem pengapian terdapat pada motor bensin guna menghasilkan temperatur yang cukup tinggi untuk memulai pembakaran dengan cara menyalakan busi pada ruang bakar dalam silinder. Pada motor diesel tidak dilengkapi sistem penyalaan listrik karena untuk menghasilkan temperatur yang cukup tinggi untuk memulai pembakaran ditempuh dengan cara memampatkan (mengompresi) udara yang masuk ke ruang bakar di dalam silinder.

Pembakaran pada ruang bakar dalam silinder pada motor bensin dapat berlangsung apabila ketiga syarat pembakaran terpenuhi, yaitu: bahan bakar (bensin), udara (oksigen), dan temperatur yang cukup tinggi untuk memulai pembakaran. Temperatur yang cukup tinggi untuk memulai pembakaran pada motor bensin diperoleh dari percikan atau loncatan bunga api listrik (*spark*) antara elektroda busi (*spark plug*) pada saat piston menjelang TMA ketika akhir langkah kompresi (Affandi, 2009). Sistem pengapian pada mesin 4-silinder dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Sistem Pengapian Mesin 4-Silinder (Affandi, 2009).

Komponen sistem pengapian terdiri dari (Ridwan, 2008):

1. Baterai (*Accu*)

Komponen ini berfungsi menyediakan arus tegangan rendah (12 Volt) untuk *ignition coil*.

2. Kunci kontak (*Ignition switch*)

Komponen ini berfungsi menghubungkan dan memutuskan aliran arus listrik dari baterai ke *ignition coil*.

3. *Ignition coil*

Komponen ini berfungsi untuk menaikkan tegangan rendah (12 V) menjadi tegangan tinggi (15 KV sampai 20 KV) yang diperlukan untuk pengapian.

4. Distributor

Komponen ini berfungsi sebagai alat untuk membagi-bagikan tegangan tinggi yang diperoleh dari *ignition coil* ke busi yang terdapat pada tiap silinder.

5. Modul pengapian/CDI (*Capasitor Discharge Ignition*)

Komponen ini berfungsi untuk mengendalikan *ignition coil* sehingga menghasilkan api pada busi.

6. Kabel tegangan tinggi (*High-tension cord*)

Komponen ini berfungsi sebagai penghantar tegangan tinggi yang dihasilkan *ignition coil* ke busi-busi melalui distributor tanpa ada kebocoran.

7. Busi (*Spark plug*).

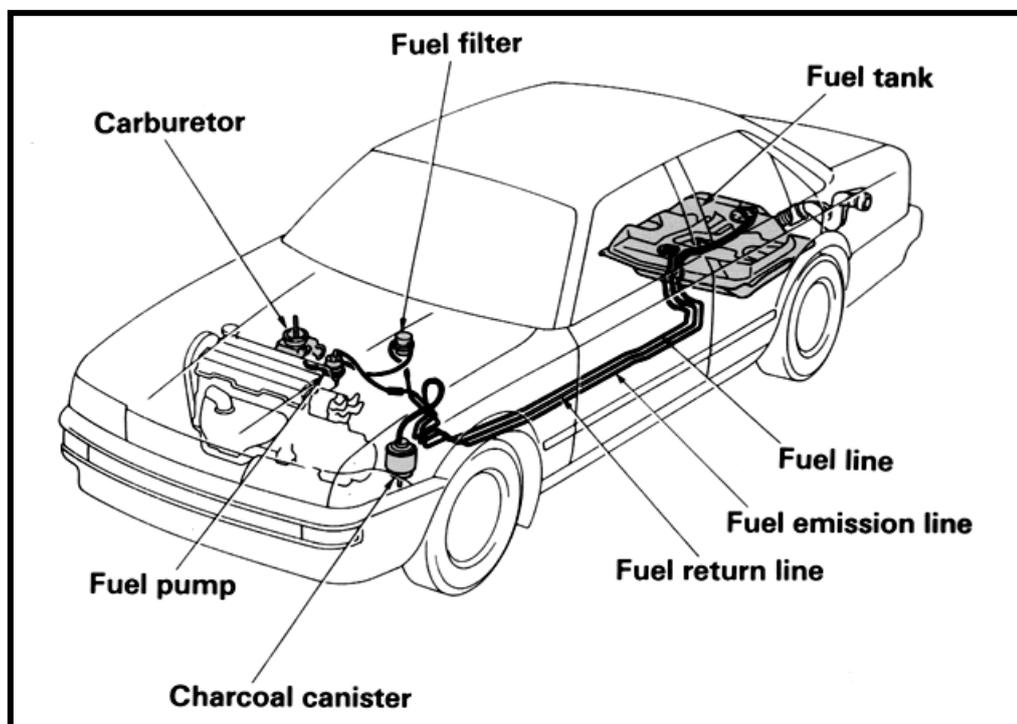
Komponen ini berfungsi sebagai penghasil loncatan bunga api sehingga dapat membakar campuran udara-bahan bakar yang telah dikompresi dalam ruang bakar.

Dari gambar 3, dapat dijelaskan bahwa perputaran distributor *cam* akan menghasilkan sinyal impuls pengapian ke modul pengapian. Kecepatan putar distributor *cam* akan diselaraskan pada perputaran mesin (rpm), yakni diselaraskan dengan kecepatan putar poros engkol (*crankshaft*). Untuk mesin 4-silinder, dua kali perputaran poros engkol ( $720^\circ$ ) akan menghasilkan satu perputaran distributor *cam* ( $360^\circ$ ). Satu perputaran *cam* akan dihasilkan 4-titik impuls pengapian (setiap  $90^\circ$ ), dimana tiap titik impuls akan memicu modul pengapian agar mengendalikan koil sehingga menghasilkan api pada salah satu

busi. Tiap busi akan melakukan pengapian setiap  $90^\circ$  perputaran distributor *cam*, maka pada satu putaran penuh distributor *cam* ( $360^\circ$ ) keseluruhan busi pada silinder telah melakukan pengapian. Pendistribusian tegangan tinggi hasil *output* koil pengapian ke masing-masing busi menggunakan *rotor* pada *cap* distributor.

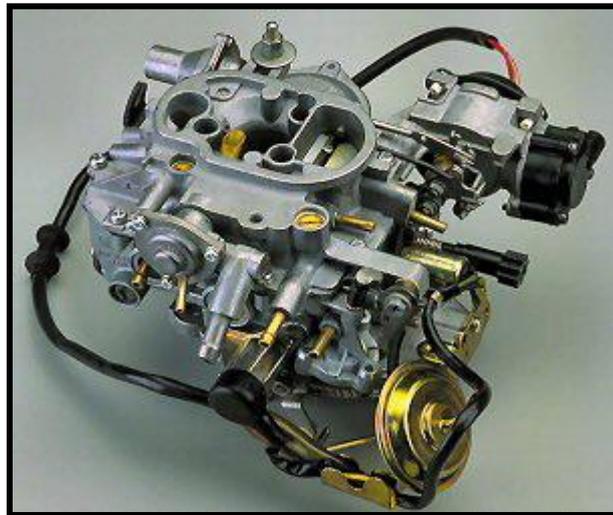
#### D. Sistem Bahan Bakar

Fungsi dari sistem bahan bakar adalah menyediakan bahan bakar untuk pembakaran. Bahan bakar dialirkan dari tangki melalui saringan, selang dan pipa hisap (*suction tube*). Bahan bakar yang sudah disaring dikirim ke karburator oleh pompa bahan bakar, dan karburator mencampurnya dengan udara dengan suatu perbandingan tertentu menjadi campuran udara dan bahan bakar. Sebagian campuran udara dan bahan bakar menguap dan menjadi kabut saat mengalir melalui *intake manifold* silinder. Sistem bahan bakar dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram Sistem Bahan Bakar (Suhariyono, 2009).

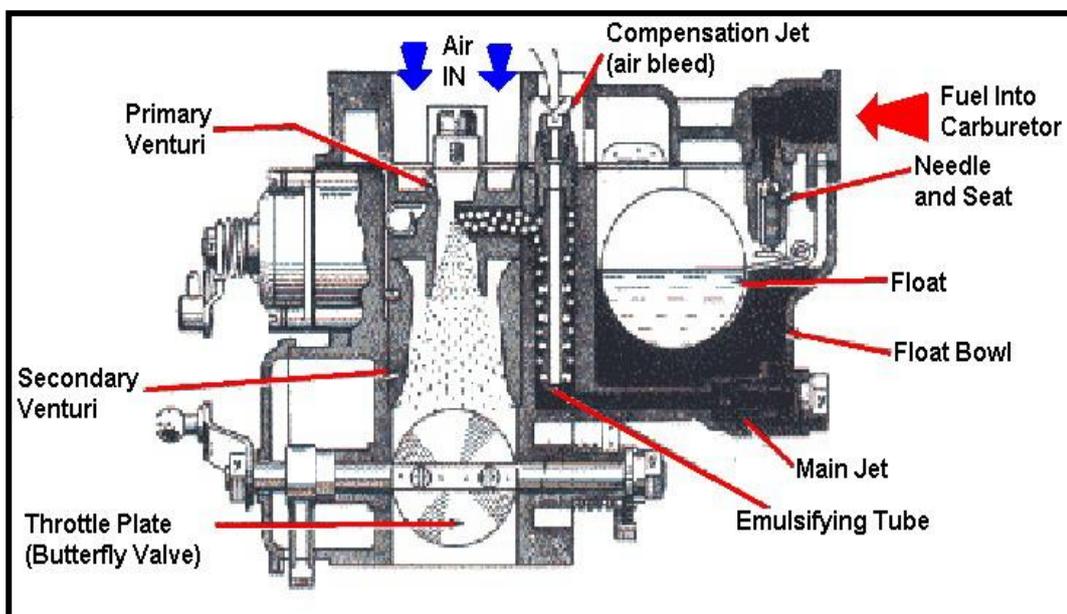
Karburator merupakan bagian dari sistem bahan bakar (*fuel system*) pada kendaraan yang berfungsi untuk mencampurkan bahan bakar dengan udara yang dikendalikan oleh pergerakan *throttle* dan kemudian dimasukkan ke ruang bakar. Mesin membutuhkan karburator karena bahan bakar yang dikirim ke dalam silinder mesin harus berada dalam kondisi mudah terbakar. Ini penting agar tenaga yang dihasilkan mesin bisa optimal. Bensin sedikit sulit terbakar bila tidak diubah menjadi bentuk gas. Selain itu bensin tidak dapat terbakar sendiri, harus dicampur dengan udara dalam perbandingan yang tepat. Karburator harus mencampur udara dan bahan bakar dengan perbandingan sekitar 14,7 : 1 agar pembakaran dapat sempurna (Daryanto, 2000).



Gambar 5. Karburator (Wikipedia, 2010).

Pada dasarnya karburator bekerja menggunakan prinsip Bernoulli: semakin cepat udara bergerak maka semakin kecil tekanan statisnya namun makin tinggi tekanan dinamisnya. Pedal gas pada mobil sebenarnya tidak secara langsung mengendalikan besarnya aliran bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar. Pedal gas sebenarnya mengendalikan katup dalam karburator untuk menentukan

besarnya aliran udara yang dapat masuk kedalam ruang bakar. Udara bergerak dalam karburator inilah menyebabkan terjadinya penurunan kevakuman. Perbedaan tekanan kevakuman ini menarik bahan bakar masuk melalui lubang khusus. Jumlah udara maksimum yang masuk ke karburator, terjadi saat mesin berputar pada kecepatan tinggi dengan posisi katup *throttle* terbuka secara penuh (Daryanto, 2000). Gambar 6 menunjukkan bagian-bagian dalam karburator dan menunjukkan arah aliran udara yang masuk karburator.



Gambar 6. Penampang Bagian Dalam Karburator (Wikipedia, 2010).

Pada saat beroperasi karburator harus memiliki kemampuan sebagai berikut:

1. Mengatur besarnya aliran udara yang masuk kedalam ruang bakar.
2. Menyalurkan bahan bakar dengan jumlah yang tepat sesuai dengan aliran udara yang masuk kedalam ruang bakar sehingga rasio bahan bakar/udara tetap terjaga.
3. Mencampur aliran udara dan bahan bakar dengan rata dan sempurna.

Karburator harus tetap mampu memproduksi campuran bensin-udara yang tepat dalam kondisi apapun karena karburator harus beroperasi dalam temperatur, tekanan udara, putaran mesin, dan gaya sentrifugal yang sangat beragam. Hal tersebut akan mudah dilakukan jika saja bahan bakar dan udara adalah fluida ideal. Tetapi pada kenyataannya, dengan adanya sifat alami fluida, yaitu: viskositas, gaya gesek fluida, inersia fluida, dan sebagainya, akan menyebabkan karburator sulit untuk mencampur udara-bahan bakar secara ideal. Selain itu karburator juga harus mampu beroperasi dalam keadaan sebagai berikut (Wikipedia, 2010):

1. *Start* mesin dalam keadaan panas atau dingin.
2. *Stasioner/idle* atau berjalan pada putaran rendah.
3. Akselerasi ketika tiba-tiba membuka *throttle*.
4. Kecepatan tinggi dengan *throttle* terbuka penuh.
5. Kecepatan stabil dengan *throttle* terbuka sebagian dalam jangka waktu yang lama.
6. Karburator juga harus mampu menekan jumlah emisi kendaraan.

#### **E. Bahan Bakar**

Bahan bakar sangat erat kaitannya dengan proses pembakaran. Proses pembakaran akan berlangsung dengan baik, cepat, mulus, hemat, dan bersih apabila bahan bakar yang digunakan memiliki kualitas yang baik. Untuk mengetahui kualitas bahan bakar bensin, dapat diketahui dengan melihat bilangan oktana dari bahan bakar. Bilangan oktana ini menyatakan kemampuan bahan bakar bensin untuk melawan terjadinya *knocking* pada proses pembakarannya, atau secara singkat

dinyatakan dengan kemampuan *anti-knock* bahan bakar. Semakin besar bilangan oktana suatu bahan bakar, maka semakin kecil kemungkinan terjadinya *knocking* pada proses pembakaran bahan bakar tersebut (Wardono, 2004).

## 1. Premium

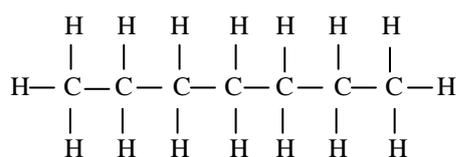
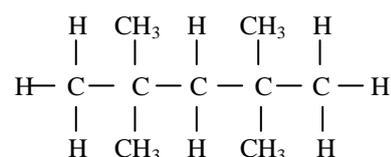
Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Warna kuning tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan (*dye*). Bahan bakar ini memiliki angka oktan 88 (RON 88) untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 1 tentang spesifikasi premium (www.Pertamina.com, 2007).

Tabel 1. Spesifikasi Premium.

No	Sifat	Batasan	
		Min	Max
1	Angka Oktan	88	
2	Kandungan Timbal, gr/lit		0,3
3	Distilasi :		
	10 % volume penguapan, °C		74
	50 % volume penguapan, °C	88	125
	90 % volume penguapan, °C		180
4	Titik didih akhir, °C		205
5	Residu, % volume		2
6	Tekanan Uap Reid pada 37,8 °C, Psi		9
7	Getah Purwa, mg/100ml		4
8	Priode Induksi, menit	240	
9	Kandungan belerang, % massa		0,2
10	Kandungan mercaptan, % massa		0,002
11	Kandungan senyawa oksigenat, % volume		11
12	Kandungan pewarna, gr/100 lt	0,5	
13	Warna	kuning	

Angka oktan pada premium diperlukan karena berhubungan dengan kemajuan teknologi yang mempunyai kecenderungan menaikkan perbandingan kompresi

untuk menaikkan daya keluaran. Bilangan oktana bahan bakar bensin adalah besarnya perbandingan volume iso-oktana dalam kandungan/komposisi iso-oktana ( $C_8H_{18}$ ) dan n-heptana ( $C_7H_{16}$ ). Oktana murni (iso-oktana murni) memiliki kemampuan *anti knocking* yang sangat baik yaitu dengan RON = 100, sedangkan untuk n-heptana murni memiliki kemampuan *anti knocking* yang sangat buruk yaitu dengan RON = 0. Adanya percabangan rantai karbon dalam suatu senyawa hidrokarbon akan menurunkan kecenderungan untuk terjadinya *knocking*. Yaitu apabila percabangan rantai karbon semakin bertambah dan letaknya makin jauh ke tengah (Hardjono, 2001). Struktur kimia dari n-Heptane dan Iso-Octane adalah sebagai berikut :

n-Heptane  $C_7H_{16}$ Iso-Octane  $C_8H_{18}$ 

## 2. Alkohol

Alkohol merupakan senyawa-senyawa organik yang mengandung atom oksigen yang berikatan tunggal. Kedudukan atom oksigen di dalam alkohol mirip dengan kedudukan atom oksigen yang terikat pada molekul air. Oleh karena itu dapat dikatakan struktur alkohol adalah sama dengan struktur air dimana satu atom H pada air diganti dengan R. Gugus R pada alkohol dapat berbentuk alkil atau aril (Suminar, 1983). Rumus molekul alkohol atau alkanol adalah  $C_nH_{2n+1}OH$ . Berdasarkan strukturnya, alkohol dibagi menjadi tiga golongan yang berdasarkan pada atom karbon yang mengikat gugus hidroksil, yaitu: primer, sekunder dan tersier. Etanol dan metanol adalah alkohol primer. Alkohol sekunder paling

sederhana adalah propan-2-ol, dan alkohol tersier paling sederhana adalah 2-metilpropan-2-ol (Sabirin, 1993).

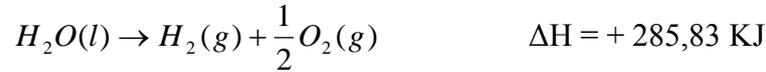
Alkohol digunakan secara luas dalam industri dan sains sebagai pereaksi, pelarut dan bahan bakar. Alkohol komersial adalah campuran dengan titik didih tetap, mengandung 95% etanol dan 5% air yang tidak dapat dimurnikan lebih lanjut dengan penyulingan. Untuk menghilangkan sisa air agar didapat alkohol murni, ditambahkan kapur (CaO) yang bereaksi dengan air membentuk kalsium hidroksida, tetapi tidak bereaksi dengan etanol (Suminar, 1983).

### **3. Air**

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia  $H_2O$  : satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) and temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik (Achmad, 1992).

Air memiliki kandungan hidrogen dan oksigen yang dapat menyempurnakan proses pembakaran. Molekul air dapat diuraikan menjadi unsur-unsur asalnya dengan dua metode yaitu elektrolisis air dan penguraian air berdasarkan persamaan termokimia. Penguraian air dengan elektrolisis air sangat mahal. Persamaan termokimia adalah perubahan panas yang dikaitkan dengan suatu reaksi kimia. Suatu reaksi yang membebaskan kalor adalah reaksi eksoterm, dan suatu reaksi yang menyerap kalor adalah reaksi endoterm. Sehingga perubahan

kalor dalam suatu reaksi kimia disebut perubahan entalpi. Penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen merupakan reaksi endoterm (Wood, 1984).



#### **F. *Water Injection***

Panas adalah masalah utama pada mesin, dan dapat menyebabkan cepatnya kerusakan komponen mesin sehingga menurunkan prestasi mesin itu sendiri. Panas pada ruang bakar mesin bisa mencapai 1100°C, apalagi mesin tersebut menggunakan *Turbo* atau *Super Charger* (Saftari, 2007). Temperatur udara di dalam *intake manifold* dan ruang bakar (*Combustion Chamber*) yang tinggi dapat menyebabkan miskinnya kandungan oksigen yang terdapat di dalam udara, sehingga dapat menyebabkan campuran yang miskin dan gejala *knocking* (ngelitik) yang terjadi karena campuran udara dan bahan bakar minyak terbakar terlalu cepat atau terbakar tidak tepat.

*Water injection* atau sering disingkat dengan Wa-i, yaitu suatu alat yang menginjeksi air ke dalam ruang bakar mesin. Penggunaan air yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar mesin, karena air memiliki tingkat ketahanan terhadap panas dibanding dengan bahan bakar premium atau pertamax sekalipun. Air memiliki tingkat penguapan yang sangat tinggi, yaitu dibutuhkan sekitar 540 kalori per gram untuk dapat merubah air menjadi uap dibandingkan dengan bahan bakar biasa yang hanya cukup dengan 135 kalori untuk menguapkannya. Ini menjelaskan kenapa air adalah yang terbaik untuk menurunkan temperatur pada *intake manifold* dibanding dengan memberikan lebih banyak bahan bakar minyak,

sehingga waktu pengapian mesin bisa dibuat menjadi lebih maju untuk mendapat *power* yang dihasilkan mesin menjadi lebih besar, tanpa gejala *knocking* (ngelitik), dan resiko mesin menjadi terlalu panas (*over heat*). Secara teori, butir halus air akan terpecah menjadi uap pada temperatur panas ruang bakar yang terurai menjadi hidrogen dan oksigen, ini menghasilkan tenaga tambahan bagi mesin (Saftari, 2007).

Debit air yang diinjeksikan ke dalam mesin kecil sekali, bisa dibbilang dalam satuan butir air. Ketika masuk ke dalam ruang bakar yang bertemperatur tinggi butir air akan terpecah menjadi uap air, jadi tidak dalam wujud air utuh. Dengan kata lain Wa-i tidak menyebabkan *water hammer*. *Water hammer* adalah kondisi dimana air masuk ke dalam silinder dalam jumlah besar, sehingga menyebabkan kerusakan pada piston dan silinder. Berikut beberapa keuntungan menggunakan Wa-i (Saftari, 2006) :

1. Memungkinkan untuk menyetel campuran bensin seirit mungkin.
2. Memungkinkan untuk menyetel waktu pengapian lebih maju untuk mendapatkan torsi lebih besar.
3. Menjaga ruang bakar tetap bersih, karena semua bahan bakar terbakar dengan sempurna, sehingga tidak meninggalkan kerak di ruang bakar.
4. Mencegah penumpukan karbon di ruang bakar.
5. Menjaga stabilitas temperatur mesin.
6. Mencegah terjadinya *knocking/pinging* (ngelitik).
7. Menurunkan kadar polusi NOx karena temperatur ruang bakar tidak tinggi.

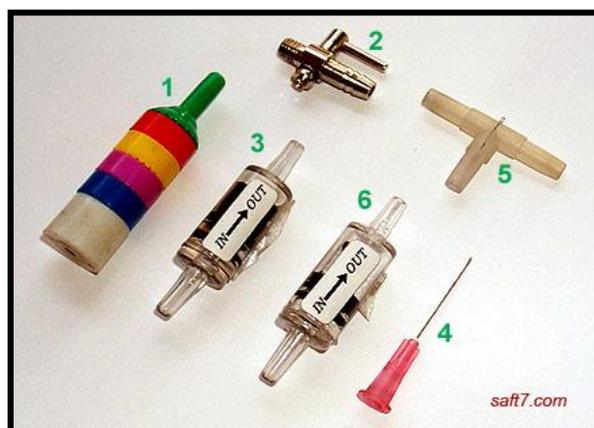
8. Dapat dicampur dengan alkohol/methanol untuk mendapatkan nilai oktan yang lebih tinggi.

Kerugian menggunakan Wa-i antara lain (Saftari, 2006) :

1. Karena tidak terjadi *knocking/pinging* (ngelitik), susah untuk mendeteksi kualitas bensin.
2. Bisa membatalkan kontrak servis bagi kendaraan baru yang masih dalam garansi servis.
3. Knalpot akan lebih rentan terhadap karat.

Air yang digunakan untuk Wa-i ini adalah air murni (*aquadest*) atau air *accu* botol warna biru serta dapat juga menggunakan air kondensasi. Air yang mengandung mineral seperti, air sumur, air ledeng, air minum mineral, dan sebagainya dapat menyebabkan korosi pada komponen mesin. Untuk mendapatkan performa yang lebih bertenaga lagi air yang digunakan untuk Wa-i dapat dicampur dengan Alkohol atau Etanol dengan campuran 1:5 sampai 1:3 (Saftari, 2007).

Komponen-komponen yang digunakan dalam *water injection* dapat dilihat pada gambar 7, dengan penjelasan sebagai berikut sebagai berikut:

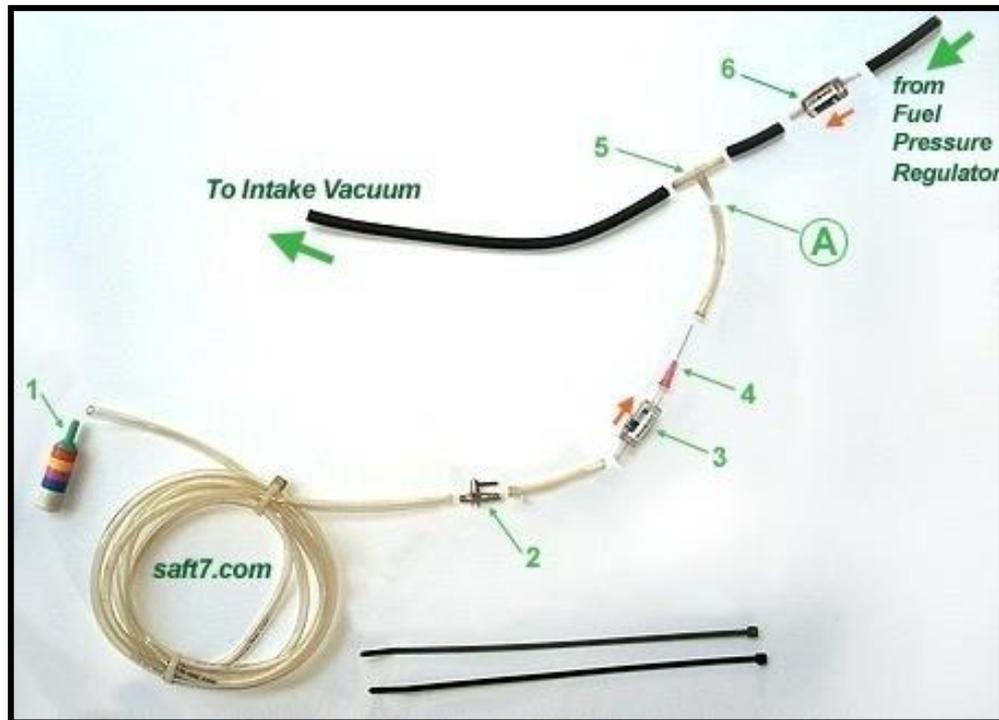


Keterangan:

1. Filter penghisap
2. Regulator air/keran
3. *One Way Filter*
4. Jarum suntik
5. Cabang selang akuarium T
6. *One Way Filter*
7. Selang akuarium

Gambar 7. Komponen *Water Injection* (Saftari, 2006)

Sedangkan untuk perakitan perangkat *water injection* secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Perakitan *Water Injection* (Saftari, 2006)

Jarum suntik yang digunakan dalam Wa-i yaitu ukuran 24G, 25G, dan 26G. Ukuran jarum suntik yang digunakan dalam Wa-i memiliki diameter jarum yang berbeda sehingga debit air yang diinjeksikan ke dalam mesin berbeda pada setiap jarum.

### G. Proses Pembakaran

Pembakaran adalah reaksi kimia antara komponen-komponen bahan bakar (karbon dan hidrogen) dengan komponen udara (oksigen) yang berlangsung sangat cepat, yang membutuhkan panas awal untuk menghasilkan panas yang jauh lebih besar sehingga menaikkan temperatur dan tekanan gas pembakaran. Elemen

mampu bakar atau *combustible* yang utama adalah karbon dan oksigen. Selama proses pembakaran, butiran minyak bahan bakar menjadi elemen komponennya, yaitu hidrogen dan karbon, akan bergabung dengan oksigen untuk membentuk air, dan karbon bergabung dengan oksigen menjadi karbon dioksida. Kalau tidak cukup tersedia oksigen, maka sebagian dari karbon, akan bergabung dengan oksigen menjadi karbon monoksida. Akibat terbentuknya karbon monoksida, maka jumlah panas yang dihasilkan hanya 30 persen dari panas yang ditimbulkan oleh pembentukan karbon monoksida sebagaimana ditunjukkan oleh reaksi kimia berikut (Wardono, 2004).



Keadaan yang penting untuk pembakaran yang efisien adalah gerakan yang cukup antara bahan bakar dan udara, artinya distribusi bahan bakar dan bercampurnya dengan udara harus bergantung pada gerakan udara yang disebut pusaran. Energi panas yang dilepaskan sebagai hasil proses pembakaran digunakan untuk menghasilkan daya motor bakar tersebut. Reaksi pembakaran ideal dapat dilihat di bawah ini :



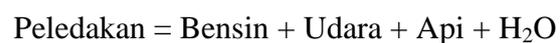
Dari reaksi di atas dapat dilihat bahwa  $N_2$  tidak ikut dalam reaksi pembakaran.

Sedangkan reaksi pembakaran sebenarnya atau aktual dapat berupa seperti dibawah ini (Heywood, 1988) :



Secara lebih detail dapat dijelaskan bahwa proses pembakaran adalah proses oksidasi (penggabungan) antara molekul-molekul oksigen ('O') dengan molekul-molekul (partikel-partikel) bahan bakar yaitu karbon ('C') dan hidrogen ('H') untuk membentuk karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan uap air (H<sub>2</sub>O) pada kondisi pembakaran sempurna. Disini proses pembentukan CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O hanya bisa terjadi apabila panas kompresi atau panas dari pemantik telah mampu memisah/memutuskan ikatan antar partikel oksigen (O-O) menjadi partikel 'O' dan 'O', dan juga mampu memutuskan ikatan antar partikel bahan bakar (C-H dan/atau C-C) menjadi partikel 'C' dan 'H' yang berdiri sendiri. Baru selanjutnya partikel 'O' dapat beroksidasi dengan partikel 'C' dan 'H' untuk membentuk CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O. Jadi dapat disimpulkan bahwa proses oksidasi atau proses pembakaran antara udara dan bahan bakar tidak pernah akan terjadi apabila ikatan antar partikel oksigen dan ikatan antar partikel bahan bakar tidak diputus terlebih dahulu (Wardono, 2004).

Proses terjadinya pembakaran pada motor bensin setelah penambahan H<sub>2</sub>O (penggunaan Wa-i) :



Proses pembakaran H<sub>2</sub>O menyebabkan perubahan bentuk air dari cair menjadi uap, dengan adanya kompresi dan panas uap H<sub>2</sub>O terurai menjadi Hidrogen dan

Oksigen. Energi yang dibutuhkan oleh H<sub>2</sub>O pada saat perubahan bentuk dari cair menjadi uap kurang lebih 283 KJ (Wood, 1984). Hidrogen yang terurai dari H<sub>2</sub>O akan bergabung dengan rantai Hidrogen yang ada di bensin, sedangkan oksigen yang berasal dari H<sub>2</sub>O akan bergabung dengan oksigen yang dihisap dari udara. Proses pemisahan unsur dari H<sub>2</sub>O dan bergabung dengan unsur bensin akan mensimulasikan seolah-olah bensin yang dipergunakan mempunyai oktan yang lebih tinggi (Wijayanto, 2006).

#### **H. Parameter Prestasi Motor Bensin 4-Langkah**

Untuk mengukur prestasi kendaraan bermotor bensin 4-langkah dalam aplikasinya diperlukan parameter sebagai berikut :

1. Konsumsi bahan bakar, semakin sedikit konsumsi bahan bakar kendaraan bermotor bensin 4-langkah, maka semakin tinggi prestasinya.
2. Akselerasi, semakin tinggi tingkat akselerasi kendaraan bermotor bensin 4-langkah maka prestasinya semakin meningkat.
3. Waktu tempuh, semakin singkat waktu tempuh yang diperlukan pada kendaraan bermotor bensin 4-langkah untuk mencapai jarak tertentu, maka semakin tinggi prestasinya.
4. Putaran mesin, putaran mesin pada kondisi *idle* dapat menggambarkan normal atau tidaknya kondisi mesin. Perbedaan putaran mesin juga menggambarkan besarnya torsi yang dihasilkan.