

BAB II

TINJUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Arismunandar (2005) melakukan tentang penelitian tentang peningkatan performance motor bensin yang menggunakan bahan bakar gas. Bahan bakar gas adalah gas bumi yang transparan, tidak bewarna dan terdiri dari metana sebagai komponen yang utama. BBG dapat digunakan langsung sebagai bahan bakar motor, karena bilangan oktannya tinggi 110 sampai 130. Meskipun demikian, bagi motor yang dirancang untuk bahan bakar bensin, apabila digunakan dengan bahan bakar gas, daya efisiensi akan turun kira-kira 10 sampai 20%. Hal ini disebabkan oleh efisiensi volumetrik yang turun sehingga jumlah bahan bakar yang dapat masuk ke dalam silinder tidak dapat memenuhi kebutuhan. Kompresi yang lebih tinggi supercarjer, dan perbaikan dalam sistem katup isap. Untuk kendaraan bermotor dengan BBG disimpan didalam tangki pada tekanan tinggi 200 atmosfer supaya dapat memungkinkan jarak jelajah kendaraan 200 km. Oleh karena itu, diperlukan tangki yang kuat tetapi ringan. Dengan demikian pada kendaraan bermotor dengan bahan bakar bensin dan gas terdapat dua tangki, satu untuk bahan bakar bensin dan satu untuk bahan bakar gas. Disamping itu digunakan konverter kit, yaitu alat yang dipasang pada saluran isap untuk memasukan dan menakar gas yang diperlukan, dan mulai bekerja apabila operasi dialihkan dari bensin ke gas. Dalam hal tersebut terakhir, saat penyalaan dapat dimajukan karena bilangan oktana BBG jauh lebih tinggi dari pada bahan bakar biasa. Pada tahun 1988 lebih dari 200 taksi di Jakarta telah menggunakan BBG. Pada motor yang dirancang khusus untuk BBG dapat digunakan sistem penyemprotan langsung dan penyalaan oleh busi atau sumbat pijar (*glow plug*), tetapi, dapat pula digunakan sistem penyalaan dengan penyemprotan bahan bakar diesel (sedikit) kedalam campuran BBG dan udara. Dalam kondisi tersebut dapat diperoleh efisiensi termal yang tinggi, menyamai motor diesel apabila digunakan perbandingan kompresi

tinggi, dan emisi gas buang yang rendah. Disamping itu, karena BBG mengandung volume karbon persatuan energy kecil, maka kendaraan BBG dapat menghasilkan CO₂ yang rendah, kira-kira 20% atau lebih, dibandingkan dengan kendaraan bermotor bensin. Emisi selama masa pakainya dapat dikurangi lebih lanjut dengan menaikkan efisiensi termalnya.

Tirtoatmodjo dan Wiilyanto (1999) melakukan penelitian tentang penggantian BBM menjadi BBG untuk kendaraan motor ternyata mengakibatkan penurunan daya motor yang dihasilkan. Dengan menambahkan peralatan tambahan berupa blower (konverter) dan injeksi BBG, maka tekanan dan kepadatan campuran BBG dan udara yang masuk kedalam ruang bakar bisa lebih tinggi dan daya yang dihasilkan motor bakar lebih meningkat dan bisa menyamai bahkan melebihi daya motor dari motor bakar. Adapun hasilnya penambahan blower dan sistem injeksi BBG mampu meningkatkan daya motor. Supaya daya motor yang dihasilkan mampu menyamai daya motor berbahan bakar premium maka harus ditambahkan sistem injeksi untuk menambah suplai BBG, supaya ketika di lakukan akselerasi kebutuhan BBG dapat terpenuhi.

Romadoni (2011) melakukan penelitian bahwa LPG dapat langsung diaplikasikan sebagai bahan bakar sepeda motor menggunakan katup suplai bahan bakar *solenoid* hasil eksperimen tanpa menimbulkan masalah teknis dan sangat ramah lingkungan. Setelah dilakukan pengujian emisi menggunakan gas analiser pada putaran 1500 rpm untuk bahan bakar bensin diperoleh kadar CO = 0,36 % Vol, sedangkan menggunakan LPG kadar CO = 0,10 % Vol. Terjadi penurunan emisi CO pada saat menggunakan gas LPG karena rantai C dan H LPG lebih pendek dari pada bensin.

Siregar (2012) melakukan penelitian lanjutan tentang penggunaan katup suplai *solenoid* dengan *pressure regulator* sebagai pengatur volume bahan bakar LPG pada sepeda motor dan membandingkannya dengan sepeda motor standart berbahan bakar premium ditinjau dari performa mesin dan kadar emisi gas buang yang dihasilkan. Harapan peneliti, LPG dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif pengganti bensin dengan menggunakan *conversion kits* berupa katup suplai *solenoid* dan *pressure regulator*.

Yodisworo (1945) melakukan penelitian yang membandingkan AFR_{LPG} dengan variasi *mixer standart*, *mixer venturi*, dan *mixer difusor* pada genset motor bensin 4 langkah 1 silinder. Dari hasil percobaan menggunakan *mixer venture* diperoleh hasil putaran mesin lebih stabil pada putaran konstan 3100 rpm dengan AFR_{LPG} adalah 12,8 grm udara/grm bahan bakar, sedangkan AFR_{LPG} mengalami penurunan pada *mixer standart* dan *mixer difusor*, hal ini dikarenakan pencampuran udara dan bahan bakar belum merata.

Ghifari (2010) melakukan penelitian disimpulkan bahwa menggunakan bahan bakar LPG dengan penambahan *mixer venture* memiliki nilai efisiensi yang lebih tinggi dan lebih ekonomis dibandingkan dengan bahan bakar premium. Dari hasil pengukuran dan analisa perbandingan parameter unjuk kerja, pada *konstan speed*. 3300 rpm nilai efisiensi menggunakan bahan bakar bensin adalah 4,57 %, sedangkan menggunakan LPG adalah 12,70%.

Sitorus (2002) melakukan penelitian tentang pengembangan BBG sebagai bahan bakar alternatif. Adapun hasilnya pengembangan dan pemasyarakatan BBG memerlukan kerja sama antara pemerintah, produsen atau pihak swasta dan masyarakat. Jika pemerintah tidak serius dalam mengembangkan BBG ini maka indonesia akan mengalami krisis bahan bakar minyak.

Purnama (2010) dalam penelitian dipaparkan LPG memiliki *heating value* 47000 kJ/kg dengan *density* bahan bakar sebesar 1,5 kg/m³. sedangkan bensin jenis pertamax memiliki *heating value* 43848 kJ/kg dengan *density* bahan bakar sebesar 715 kg/m³. Karena dalam *heating value* setiap mol LPG berubah-ubah, maka dalam penelitian ini peneliti menggunakan LHV (*Lower Heating Value*) atau nilai *heating value* terendah.

Siregar (2012) melakukan penelitian yang menyimpulkan bahwa rasio ekuivalen udara dan bahan bakar pada LPG akan memberikan efek yang besar terhadap kecepatan perambatan, tekanan pembakaran, dan durasi pembakaran. LPG akan terbakar lebih cepat dari bensin pada kondisi $\lambda > 1$. Dengan kompresi tinggi yang sesuai dengan *octane number* LPG yaitu 110 dan *ignition timing* kondisi standar, maka diperoleh tekanan pembakaran yang tinggi sehingga menghasilkan penyaluran tenaga *output* pembakaran yang lebih besar.

Romadoni dan Siregar (2012) melakukan penelitian penggunaan BBG merupakan salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengendalikan emisi gas buang kendaraan bermotor. *Conversion kits* adalah alat yang digunakan untuk mengkonversi BBG menjadi bahan bakar pada sepeda motor. BBG digunakan sebagai alternatif bahan bakar sepeda motor karena mudah diperoleh dipasaran dan tekanan output yang rendah. Tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh data perbandingan performa mesin dan kadar emisi gas buang sepeda motor berbahan bakar bensin dan BBG. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen murni. Penelitian dilakukan dengan dua pengujian, yaitu pengujian standar dan pengujian eksperimen dengan menggunakan bahan bakar BBG pada sepeda motor Honda Vario 110 cc tahun 2010.

Selain dapat menggunakan bahan bakar bensin, motor bensin juga dapat menggunakan bahan bakar gas. Namun unjuk kerja dari motor bensin menurun ketika menggunakan bahan bakar gas. Penurunan unjuk kerja ini karena mesin tersebut memang dirancang untuk bahan bakar bensin, kecuali kalau mesin itu memang dirancang untuk berbahan bakar gas. Penurunan unjuk kerja motor ini disebabkan oleh adanya perbedaan karakteristik penyalaan dari kedua bahan bakar tersebut. Salah satu cara untuk meningkatkan unjuk kerja dari motor bensin yang menggunakan bahan bakar gas adalah dengan mengatur pemajuan penyalaan secara elektronik sehingga waktu pengapiannya menjadi lebih tepat. (Kristanto dan Willyanto 2001).

2.2. Dasar Teori

2.3. Premium

Bahan bakar bensin adalah pemurnian dari *Naphta* yang komposisinya dapat digunakan untuk bahan bakar. *Naphta* adalah semua jenis minyak ringan (*light oil*) yang memiliki sifat antara bensin (*gasoline*) dan kerosin. (Yaswaki, K, 1994). Kata bensin berasal dari kata *Benzena* (C_6H_6) bagian dari minyak bumi mentah yang berupa campuran bahan hidrokarbon. Bensin sangat mudah menguap yaitu pada suhu $40^{\circ}C$ sampai $180^{\circ}C$ sebanyak 30-60% kepadatan sekitar 700-750 kg/m^3 , sifat mudah menguap mempunyai akibat bahwa setelah dikabutkan menjadi tetesan-tetesan halus yang dapat disalurkan ke dalam silinder oleh aliran udara. Bensin yang ada dipasaran diberi tambahan atau aditif untuk memperbaiki sifat-sifat agar tidak mudah menggumpal bila disimpan lama. Premium memiliki Research Octane Number (RON) sebesar 88.

Bensin untuk motor-motor auto mobil terdiri dari campuran fluida sebagai berikut:

1. *Straight run Naphta* yaitu minyak bumi yang mendidih sampai suhu $400^{\circ} F$.
2. *Reformed Naphta* diperoleh dengan cara pengolahan termis.
3. *Casing head gasoline* diperoleh dari hasil proses distilisasi kering gas alam (natural gas).

2.3.1. Sifat-sifat bahan bakar premium

Bahan bakar mempunyai sifat sebagai berikut:

1. Kecepatan menguap
Sifat ini mempunyai peranan penting bagi bensin. Yang dimaksud dengan kecepatan menguap adalah sifat yang menyatakan tentang mudah tidaknya bensin itu menguap pada kondisi tertentu.
2. Kadar belerang.
Belerang atau ikatan-ikatan belerang dalam bensin terbakar menjadi gas dioksida belerang. Bila gas itu mengenai bidang-bidang dingin, dioksida belerang berubah menjadi asam sulfat. Asam sulfat ini menimbulkan karat

pada logam yang dikenainya. Oleh karena itu suhu gas buang harus cukup tinggi agar pembentukan asam di dalam saluran buang dapat terhindar. Kadar belerang dalam bensin harus diusahakan serendah mungkin. Kadar damar dan kestabilan penyimpanan. Bensin yang diperoleh dari hasil distilasi lebih stabil untuk disimpan dari pada bensin hasil rengkahan. Damar dalam bensin dapat menimbulkan berbagai kerugian, diantaranya yang terpenting :

- a. Dapat menempel atau melekat kuat di berbagai tempat di dalam motor, misalnya pada katup-katup, saluran buang dan torak.
- b. Menurunkan bilangan oktana pada waktu masih di dalam tangki penyimpanan. Makin lama bensin disimpan makin banyak pembentukan damar. Kadar damar maksimum yang diperbolehkan kira-kira 10 mg tiap 100 cm^3 bensin.

3. Titik beku.

Suhu pada saat bensin mulai membeku dinamakan titik beku. Bila di dalam bensin terdapat kadar aromatis yang tinggi, maka pada suhu tertentu, aromatis-aromatis itu mengkristal. Saluran-saluran bensin bisa tersumbat. Karena itu motor-motor yang bekerja pada cuaca dingin, titik beku bensinnya harus rendah.

4. Titik embun.

Suhu pada saat uap bensin mulai mengembun dinamakan titik embun. Penguapan lengkap tetesan-tetesan bensin dalam saluran isap tergantung pada tinggi rendahnya titik embun. Bila titik embun terlalu tinggi, maka tetesan bensin yang belum sempat menguap di dalam saluran isap dapat turut masuk ke dalam silinder. Karenanya di dalam silinder terdapat campuran dengan kondisi yang tidak homogen. Hal ini mengakibatkan proses pembakaran berlangsung dengan tidak baik, di samping pemakaian bahan bakar menjadi boros.

5. Titik nyala.

Titik nyala adalah suhu terendah di mana uap minyak yang terdapat di atas cairannya dapat membentuk campuran yang tepat dapat menyala dengan

udara, bila terkena percikan api. Titik nyala yang rendah menyulitkan penyimpanan dan pengangkutan.

6. Berat jenis.

Perbandingan berat sejumlah tertentu suatu zat terhadap berat air murni pada volume dan suhu yang dinamakan berat jenis zat itu. Berat jenis minyak sering juga dinyatakan dengan skala baume atau skala masing-masing skala ini dapat dinyatakan sebagai fungsi dari berat jenis (γ) pada suhu 60° F. Skala derajat Baume :

$$^{\circ}\text{Be} = \frac{140}{\text{skaia derajat API (American Petroleum Institute)}} - 130 \dots (2.1.)$$

$$^{\circ}\text{API} = \frac{141,5}{0,74} - 131,5 \dots (2.2.)$$

Berat jenis (γ) bensin yang dipakai sebagai bahan bakar berkisar dari 0,71 s/d 0,76 atau 67 s/d 54 °Be atau 67,8 - 54,7 °API. Bensin ringan untuk bahan bakar pesawat terbang mempunyai berat jenis 0,65s/d 0,68.

7. Nilai kalor

Nilai kalor bahan bakar perlu kita ketahui, agar neraca kalor dari motor dapat dibuat. Efisien atau tidaknya kerja suatu motor, ditinjau atas dasar nilai kalor bahan bakarnya. Nilai kalor mempunyai hubungan dengan berat jenis. Pada umumnya makin tinggi berat jenis makin rendah nilai kalornya. Dalam hal ini makin tinggi berat jenisnya berarti makin tinggi kadar karbonnya, karena berat atom karbon lebih berat dari hidrogen. Karena nilai kalor rendah dari hidrogen, maka perbandingan unsur karbon dan hidrogen dalam bahan bakar mempengaruhi nilai kalor.

8. Bahan-bahan tambahan ke dalam bensin.

Penambahan t.e.l. (*tetraethyllead*) ke dalam bensin menghambat terjadinya ketukan atau detonasi. Selain itu masih ada bahan tambahan lainnya:

- a. Pencegah oksidasi (*Oxidation inhibitor*) untuk mencegah atau mengurangi pembentukan damar (*gum*) selama penyimpanan di gudang bensin.

- b. Pencegah kerusakan logam: untuk melindungi bensin dari bahaya yang diakibatkan oleh logam-logam tertentu (yang mungkin terbawa selama proses pembersihan atau di dalam sistem bahan bakar).
- c. Pencegah pembentukan es (*anti icers*) untuk mencegah pembentukan es dalam karburator dan pipa-pipa dingin dari sistem bahan bakar.
- d. Pembersih (*detergent*): untuk menjamin agar karburator tetap bersih.
- e. Senyawa fosfor untuk melindungi permukaan pengapian.

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 (% Vol)		2.0
4.	Tekanan Uap Reid Pada 37,8 °C (psi)		9,0
5.	Getah pyrawa (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)

2.4. GAS ELPIJI

Bahan Bakar Gas merupakan gas alam yang telah dimanfaatkan. Secara umum lebih dari 80% komponen gas bumi yang dipakai sebagai BBG merupakan gas metana, 10%-15% gas metana, dan sisanya adalah gas karbon dioksida, dan

gas-gas lain. Komposisi gas alam tersebut berbeda-beda antara satu sumber dengan sumber lainnya. (Atok Setiyawan. Ir. MEng, 2000).

Bahan bakar gas dapat di kelompokkan ke dalam dua bagian utama yaitu gas alam (*natural gas*) dan gas buatan (*manufactured gas*). Gas alam umumnya berada di tempat yang sama dengan endapan minyak dan batubara. Sedangkan gas buatan diproduksi dari kayu, tanah gambut, batubara, minyak, dan sebagainya. Komponen mampu bakar dari gas adalah metana, karbondioksida, dan hidrogen dalam jumlah yang bervariasi. Karakteristik dari gas sangat tergantung pada komponen yang ada dalam gas tersebut yaitu :

1. CNG

Bahan bakar gas CNG (*Compressed Natural Gas*) yang di konsumsi kendaraan dengan menggunakan *engine*/mesin bensin 4 langkah dan diesel yang sedang diuji coba, gas ini disuplai ke tangki-tangki gas pada kendaraan dengan menggunakan tekanan yang tinggi. Pada umumnya kendaraan yang menggunakan gas juga memiliki sistem bahan bakar lainnya (*Dual system*). Untuk itu perangkat sistem bahan bakar gas menjadi sistem tambahan pada saat ini di Indonesia dan pada umumnya pengguna gas adalah taxi.

2. LNG

Bahan bakar gas LNG (*liquefied Natural Gas*) adalah gas alam cair dapat juga digunakan, tetapi karena harus disimpan pada temperatur sangat rendah untuk menghindari pendidihan, LNG harus disimpan dalam tangki yang terisolasi dari panas. Meskipun demikian adanya perpindahan panas ke dalam tangki tak dapat dihindarkan. Dalam keadaan tersebut terjadi penguapan, mulai dari komponen yang paling ringan, antara lain metana. Uap tersebut BOG (*Boiled Off Gas*) harus dikeluarkan dari tangki untuk mencegah terjadinya tekanan tinggi. Apabila hal tersebut terjadi berulang-ulang, maka kadar metana dalam LNG akan berkurang sehingga mengubah komposisi LNG. Peristiwa tersebut dinamakan *weathering*. Kerugian LNG sebagai akibat penguapan tersebut (BOG) kira-kira 2% dalam sehari. Perlu diketahui bahwa densitas energi LNG kurang lebih tiga kalinya CNG.

3. LPG

Bahan bakar gas LPG (*Liquified Petroleum Gas*), gas ini pada umumnya mempunyai bahan dasar *butane* dan *propane* dan dikonsumsi kendaraan dengan mesin/engine bensin dengan instalasi sistem bahan bakar gas di samping sistem bahan bakar bensin, nilai oktan bisa mencapai 100, saat ini masih digunakan terbatas pada taxi-taxi.

Sifat-sifat LPG :

- a. *Liquified Petroleum Gas* (LPG) PERTAMINA dengan brand LPG, merupakan gas hasil produksi dari Kilang BBM dan Kilang Gas, yang komponen utamanya adalah gas *propane* (C_3H_8) dan *butane* (C_4H_{10}) kurang lebih 97% dan sisanya adalah gas *pentane* yang di cairkan.
- b. LPG lebih berat dari udara dengan berat jenis sekitar $2,01 \text{ kg/cm}^3$ (dibandingkan dengan udara), tekanan uap LPG cair dalam tabung sekitar $5.0 - 6.2 \text{ Kg/cm}^2$.
- c. Zat merkaptan yang ditambahkan pada LPG dimaksudkan untuk keselamatan dengan memberikan bau yang khas, sehingga kebocoran gas mudah diketahui dengan cepat.
- d. LPG PERTAMINA umum dipasarkan di masyarakat dalam kemasan tabung (3 kg, 12 kg, dan 50 kg).

Tabel 2.2. Spesifikasi bahan bakar

No.	Karakteristik	Premium	LPG
1.	Komposisi	C_8H_{18}	C_3H_8
2.	Berat Molekul	114,8 kg/kmol	17,51 kg/kmol
3.	Nilai Kalor	45950 kJ/kmol	4636 kJ/mol
4.	AFR Stoikiometri	14,57	15,6
5.	Temperatur Penyalaan Minimal	360°C	460°C
6.	Kecepatan Nyala	20-40 m/s	0,82 m/s
7.	Angka Oktan	88	110

Table 2.3. Angka Oktan untuk jenis-jenis bahan bakar

No.	Jenis Bahan Bakar	Angka Oktan
1.	Bensin	88
2.	Pertamax	92
3.	Pertamax Plus	95
4.	Bensol	100
5.	Gas LPG	110

2.5. Motor Bakar

Motor bakar adalah salah satu jenis dari mesin kalor, yaitu mesin yang mengubah energi termal untuk melakukan kerja mekanik atau mengubah tenaga kimia bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Energi diperoleh dari proses pembakaran, proses pembakaran dan juga perubahan energi tersebut dilaksanakan di dalam mesin dan dilakukan di luar mesin. (Yaswaki dan Murdhana, 1998).

Motor bakar torak (Gambar 2.2) mempergunakan beberapa silinder yang di dalamnya terdapat torak yang bekerja bolak-balik yang diakibatkan oleh proses pembakaran antara bahan bakar dengan oksigen dari udara di dalam silinder. Pembakaran yang dihasilkan tersebut dapat menggerakkan torak dengan gerakan translasi (bolak-balik) yang dibantu oleh batang penggerak yang dihubungkan dengan poros engkol (BM.Surbakti, 1985).

Pada motor bakar torak tidak terdapat proses pemindahan kalor gas pembakaran fluida kerja, karena itu jumlah komponen motor bakar sangat sedikit, cukup sederhana, lebih kompak, dan lebih ringan dibanding dengan mesin pembakaran luar (mesin uap). Karena itu, penggunaan motor bakar sangat banyak dan menguntungkan, penggunaan motor bakar dalam masyarakat antara lain adalah dalam bidang transportasi, penerangan, produksi dan sebagainya. (BM.Surbakti, 1985).

2.5.1. Sistem Kerja Motor Bakar

Motor Bakar berdasarkan macam proses kerjanya atau menurut jumlah langkah tiap siklusnya dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu

- a. Motor Pembakaran Dalam atau *Internal Combustion Engine* (ICE).
- b. Motor Pembakaran Luar atau *External Combustion Engine* (ECE).

2.5.2. Motor Pembakaran Dalam atau *Internal Combustion Engine* (ICE).

Proses pembakaran motor bensin 4 langkah terjadi secara periodik, yaitu piston bergerak akibat adanya ledakan (pembakaran) dalam ruang bakar antara campuran bahan bakar dan udara yang dipicu oleh bunga api yang terpercik dari busi. Piston terdorong sehingga menggerakkan poros engkol (*crankshaft*) melalui batang penghubung (*connecting rod*). Pasokan bahan bakar ke ruang bakar menggunakan dua katup, yaitu katup isap dan katup buang.

Motor pembakaran dalam dibagi menjadi dua jenis utama yaitu Motor Bensin (*Otto*) dan Motor Diesel. Perbedaan kedua motor tersebut yaitu jika motor bensin menggunakan bahan bakar bensin atau sejenis, sedangkan motor diesel menggunakan bahan bakar solar. Perbedaan yang utama juga terletak pada sistem penyalanya, dimana pada motor bensin digunakan busi sebagai sistem penyalanya sedangkan pada motor diesel memanfaatkan suhu kompresi yang tinggi untuk dapat membakar bahan bakar solar.

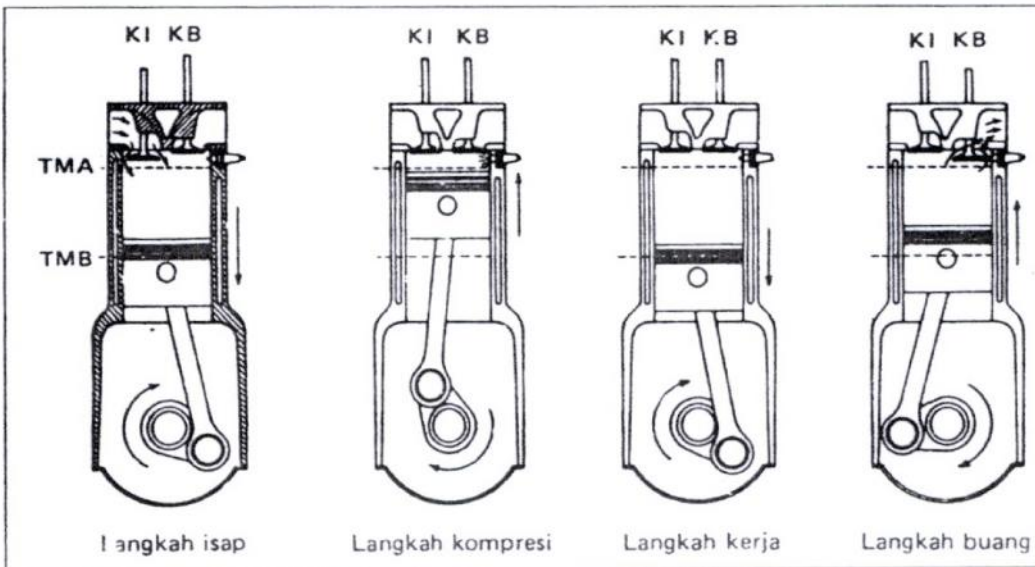
Motor bensin empat langkah adalah motor yang setiap satu kali pembakaran memerlukan empat langkah piston dan dua kali putaran poros engkol.

2.6. Prinsip Kerja Motor Bakar

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

2.6.1. Motor Bensin 4 Langkah

Motor bensin empat langkah adalah motor yang setiap satu kali pembakaran bahan bakar memerlukan 4 langkah dan 2 kali putaran poros engkol, dapat dilihat pada (gambar 2.1).



Gambar 2.1. Skema Gerakan Torak 4 langkah

(Sumber: Arismunandar 2005)

Prinsip kerja motor 4 langkah dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Langkah Isap

1. Torak bergerak dari TMA ke TMB.
2. Katup masuk terbuka, katup buang tertutup.
3. Campuran bahan bakar dengan udara yang telah tercampur di dalam karburator masuk ke dalam silinder melalui katup masuk.
4. Saat torak berada di TMB katup masuk akan tertutup.

b. Langkah Kompresi

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

c. Langkah Kerja/Ekspansi

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

d. Langkah Buang

1. Katup buang terbuka, katup masuk tertutup.
2. Torak bergerak dari TMB ke TMA.
3. Gas sisa pembakaran terdorong oleh torak keluar melalui katup buang.

2.7. Motor Pembakaran Luar atau *External Combustion Engine (ECE)*.

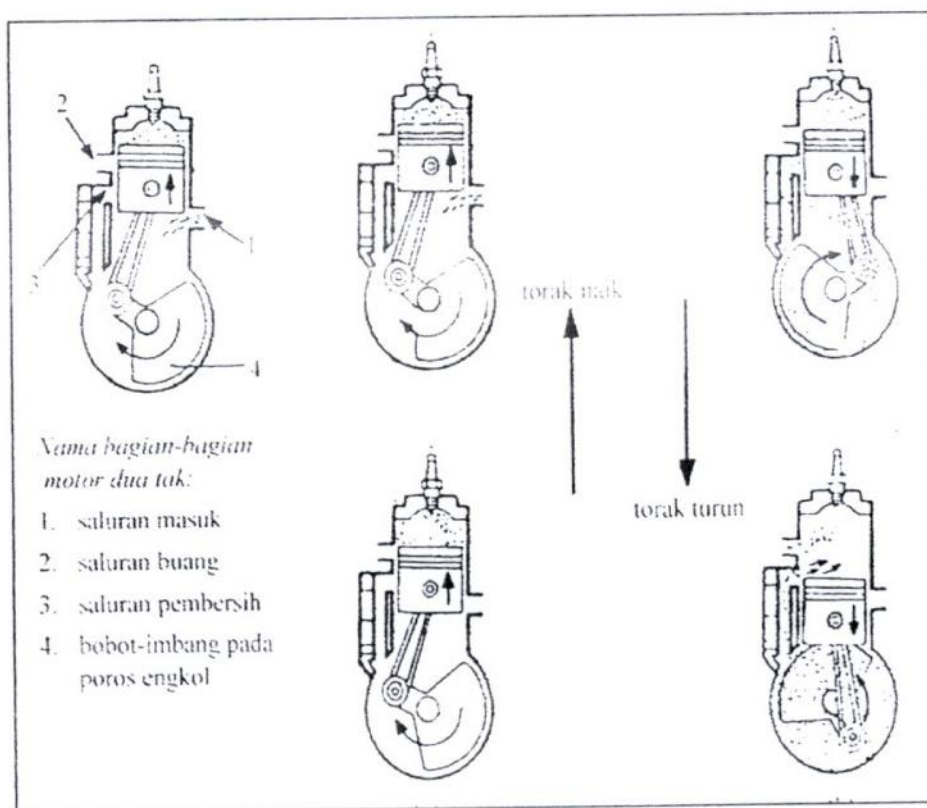
Motor pembakaran luar adalah proses pembakaran bahan bakar terjadi di luar mesin itu, sehingga untuk melakukan pembakaran digunakan mesin tersendiri. Panas dari hasil pembakaran bahan bakar tidak langsung diubah menjadi tenaga gerak, tetapi terlebih dahulu melalui media penghantar, baru kemudian diubah menjadi tenaga mekanik.

A. Motor pembakaran luar yaitu:

1. Dapat memakai semua bentuk bahan bakar.
2. Dapat memakai bahan bakar yang bermutu rendah.
3. Cocok untuk melayani beban-beban besar dalam satu poros.
4. Lebih cocok dipakai untuk daya tinggi.

2.7.1. 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 2.2. Skema Gerakan Torak 2 Langkah

(Sumber: Suratman, M, 2002)

Gambar di atas merupakan kerja pada motor 2 langkah, jika piston bergerak naik dari TMB ke TMA maka saluran bilas dan saluran buang akan tertutup. Dalam hal ini bahan bakar dan udara dalam ruang bakar dikompresikan. Sementara itu campuran bahan dan udara masuk ruang poros engkol, beberapa derajat sebelum piston mencapai TMA, busi akan meloncatkan bunga api sehingga terjadi pembakaran bahan bakar.

Prinsip kerja motor 2 langkah dapat dijelaskan sebagai berikut :

a. Langkah Isap

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

b. Langkah Kompresi

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

c. Langkah Kerja Atau Ekspansi

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

d. Langkah Buang

1. Menjelang torak mencapai TMB, saluran buang terbuka dan gas sisa pembakaran mengalir terbang keluar.
2. Pada saat yang sama bahan bakar baru masuk ke dalam ruang bahan bakar melalui rongga bilas.
3. Setelah mencapai TMB kembali, torak mencapai TMB untuk mengadakan langkah sebagai pengulangan dari yang dijelaskan diatas.

2.8. Karburator

Karburator adalah sebuah alat dan merupakan bagian dari sistem bahan bakar yang berfungsi untuk mencampur bahan bakar dan udara yang dibuat kabut sebelum udara masuk ke dalam silinder. Karburator mengatur pemasukan, pencampuran, dan pengabutan bahan bakar ke dalam arus udara sehingga di dapatkan perbandingan campuran yang sesuai dengan tingkat beban dan kecepatan. Kabut bahan bakar tersebut akan menentukan baik atau buruknya *Performance* mesin pada kendaraan.

Ketika katup *throttle* terbuka, bahan bakar akan masuk kedalam karburator melalui berbagai *jet* dan bercampur dengan udara. Ketika katup *throttle* 0% hingga 30% terbuka, *idle jet* dan *pilot jet* bekerja. Ketika katup *throttle* antara 15% hingga 60% terbuka, *needle jet* bekerja. Kemudian katup *throttle* antara 20% hingga 80% terbuka, maka *jet needle* bekerja. Sedangkan katup *throttle* antara 60% hingga 100% terbuka, *mainjet* bekerja. Jadi, dengan kata lain, *pilot jet* bekerja untuk mengatur pemasukan bahan bakar dari saat pelat katup cekik menutup hingga katup *throttle* terbuka 1/4 bukaan. Kemudian *needle jet* bekerja dari saat pelat katup cekik 1/4 hingga 3/4 membuka. Terakhir, *main jet* bekerja dari saat katup *throttle* terbuka 1/2 bukaan katup hingga katup *throttle* terbuka penuh.



Gambar : 2.3. Karburator Supra X

2.9. Prestasi Motor Bakar

2.9.1. Volume Silinder

Volume silinder antara TMA dan TMB disebut volume langkah torak (V_1), sedangkan volume TMA dan kepala silinder (tutup silinder) disebut volume sisa (V_s). Volume total (V_t) ialah isi ruang antara torak ketika berada di TMB sampai tutup silinder.

$$V_t = V_1 + V_s \dots\dots\dots(2.3.)$$

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

$$V_1 = \text{luas lingkaran} \times \text{panjang langkah}$$

$$V_1 = \pi r^2 \cdot L$$

$$V_1 = \pi \frac{1}{2} D^2 \cdot L$$

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

2.9.2. Perbandingan Kompresi

Hasil bagi volume total dengan volume sisa disebut sebagai perbandingan kompresi.

$$C = \frac{V_1 + V_s}{V_s} = 1 + \frac{V_1}{V_s} \dots \dots \dots (2.4.)$$

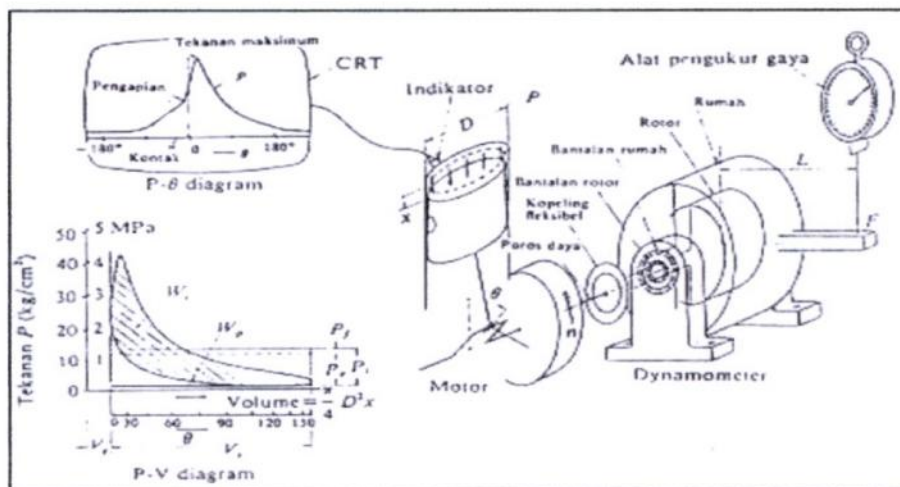
Dengan:

V_1 = volume langkah torak

V_s = volume sisa

2.9.3. Daya Mesin

Pada motor bakar, daya yang berguna adalah daya poros. Daya poros di timbulkan oleh bahan bakar yang dibakar dalam silinder dan selanjutnya menggerakkan semua mekanisme. Unjuk kerja motor bakar pertama-tama tergantung dari daya yang ditimbulkan (Soenarta & Furuham, 1995).



Gambar 2.4. Alat Tes Prestasi Motor Bakar

(Sumber: Soenarta & Furuham, 1995)

Gambar (2.4.) di atas menunjukkan peralatan yang dipergunakan untuk mengukur nilai yang berhubungan dengan keluaran motor pembakaran yang seimbang dengan hambatan atau beban pada kecepatan putaran konstan (n). Jika n berubah, maka motor pembakaran menghasilkan daya untuk mempercepat atau memperlambat bagian yang berputar. Motor pembakaran ini dihubungkan dengan dinamometer dengan maksud mendapatkan keluaran dari motor pembakaran dengan cara menghubungkan poros motor yang akan mengaduk air yang ada di dalamnya. Hambatan ini akan menimbulkan torsi (T), sehingga nilai daya (P) dapat ditentukan sebagai berikut:

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{6000} \text{ (kW)} \dots\dots\dots (2.5.)$$

Dengan:

n = putaran mesin (rpm)

T = torsi (N.m)

Torak yang didorong oleh gas membuat usaha. Baik tekanan maupun suhunya akan turun waktu gas berekspansi. Energi panas diubah menjadi usaha mekanis. Konsumsi energi panas ditunjukkan langsung oleh turunnya suhu. Jika toraknya tidak mendapatkan hambatan dan tidak menghasilkan usaha gas tidak akan berubah meskipun tekanannya turun.

2.9.4. Tekanan Efektif Rata-Rata

Besar nilai P_i merupakan tekan efektif rata-rata indikator (*Indikator Mean Effective Pressure*: IMEP). Nilai P_i , dapat ditemukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_1 = \frac{W_1}{V_s} \dots\dots\dots (2.6.)$$

Pada tekanan konstan selama torak pada langkah ekspansi P_i dapat memudahkan perhitungan besar usaha indikator W_i . Besar nilai P_i mesin 4 langkah

terjadi setiap 2 putaran, sehingga besar nilai N_i indikator dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

Dengan satuan V_1 (m^3 , kPa dan rpm)

$$N_i = V_1 \cdot P_1^{n/2} (kW) \dots\dots\dots (2.7.)$$

Dengan:

V_1 = volume langkah (m^3)

P_1 = tekanan efektif rata-rata indikator (kPa)

n = putaran mesin (rpm)

Pada mesin 2 langkah nilai P_i dihasilkan pada tiap putaran, maka secara teoritis nilai N_i akan menjadi dua kali lebih besar jika dibandingkan dengan persamaan 2.4. tetapi pada umumnya besar nilai P_i pada mesin 2 langkah lebih kecil dibanding dengan mesin 4 langkah. Nilai N_i disebut sebagai keluaran indikator yang menyatakan keluaran, disebabkan adanya tekanan pada torak.

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

$$N_e = V_1 \cdot N \cdot BMEP \cdot 2 (kW) \dots\dots\dots (2.8.)$$

Besar keluaran efektif dapat diukur menggunakan sebuah **dinamometer**. Nilai **BMEP** adalah merupakan tekanan efektif rata-rata (*Brake Mean Effective Pressure*). Besar nilai N_e yang ditentukan oleh produk dari volume langkah V_1 , kecepatan putaran dan **BMEP** yang berhubungan dengan tekanan gas rata-rata merupakan keluaran suatu pembakaran yang bermanfaat. **BMEP** adalah besar nilai yang menunjukkan daya mesin setiap satuan volume silinder pada putaran tertentu dan tidak tergantung dari ukuran motor bakar (Soenarta & Furuham, 1995).

Besar nilai BMEP dapat dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$BMEP = \frac{60.P.z}{V_d.n} \dots\dots\dots (2.9.)$$

Dengan:

P = daya (kW)

V_d = volume langkah total silinder

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

2.10. Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi Bahan Bakar adalah pemakaian bahan bakar yang terpakai perjam untuk setiap daya yang dihasilkan pada motor bakar. Perbandingan konsumsi bahan bakar premium dan bahan bakar gas LPG dengan nilai perbandingan konsumsi bahan bakar didapat dari hasil pengujian langsung pada kendaraan uji.

2.10.1. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang didefinisikan sebagai zat atau unsur dari pembakaran di dalam ruang bakar yang dilepas ke udara yang ditimbulkan oleh kendaraan bermotor. Pembakaran di ruang bakar yang tidak sempurna menyebabkan emisi yang bersifat polutan, seperti HC, CO, NO_x, Pb SO_x, dan lainnya.

2.10.2. Carbon Monoksida (CO)

Karbon dan Oksigen dapat bereaksi membentuk senyawa karbon monoksida (CO) sebagai hasil pembakaran yang tidak sempurna dan karbon dioksida (CO₂) sebagai hasil pembakaran sempurna. Gas CO bersifat racun, dapat menimbulkan rasa sakit pada mata, saluran pernafasan, dan paru-paru.

2.10.3. Nitrogen Oksida (NO_x)

Oksida-oksida Nitrogen (NO_x) biasanya dihasilkan dari proses pembakaran pada suhu tinggi dari bahan bakar gas, minyak atau batu bara. Kandungan NO_x yang tinggi di udara dapat menyebabkan pencemaran udara, dan mengganggu kesehatan. NO_x terbentuk dari reaksi oksigen dengan nitrogen yang terdapat dalam udara ataupun bahan bakar akibat tingginya suhu pembakaran.

2.10.4. Hidrokarbon (HC)

HC adalah senyawa hidrokarbon yang tidak terbakar yang dihasilkan dari proses pembakaran yang tidak sempurna. HC sangat terkait dengan efisiensi pembakaran dari bahan bakar. Reaksi pembakaran yang tidak sempurna ini bisa disebabkan oleh karena rendahnya rasio udara-bahan bakar (A/F) atau karena pencampuran udara dari bahan bakar yang tidak homogen.

a. Sistem-sistem untuk pengendalian emisi gas buang adalah sebagai berikut :

2.10.5. Sistem injeksi udara

Tujuannya adalah untuk mendorong oksidasi setiap residu hidrokarbon atau karbon monoksida. Instalasi tipikalnya terdiri dari sebuah kompresor yang di gerakkan mesin yang mengirimkan udara yang telah tersaring pada tekanan rendah ke setiap port katup pembuangan.

2.10.6. Sistem resirkulasi gas buangan

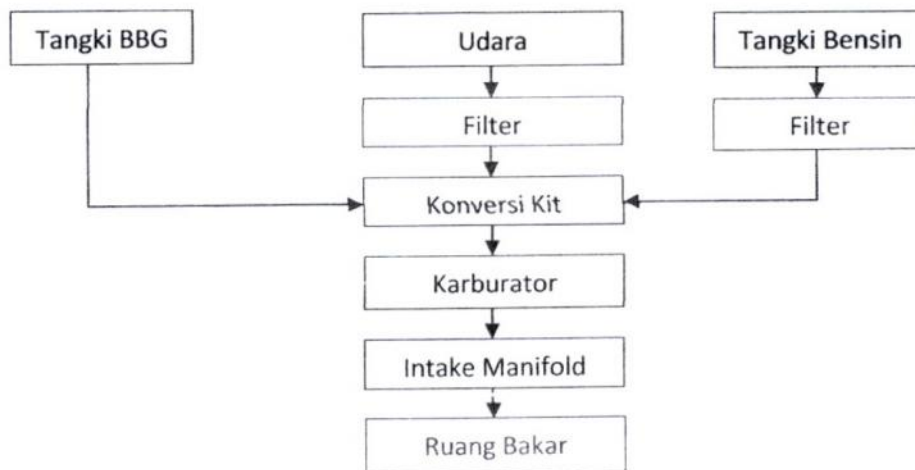
Metode yang efektif untuk mengurangi emisi oksida-oksida nitrogen adalah campuran udara dan bahan bakar yang masuk dengan gas buangan yang relatif diam, yang keluar dari peralatan buangan dan dialirkan ke peralatan penyerap. Tujuan dari resirkulasi sekitar 15 persen gas buangan dengan cara ini adalah untuk mengurangi pembentukan awal dari oksida nitrit, oksida utama dari emisi buangan nitrogen, dengan menurunkan kecepatan api dan suhu puncak yang dicapai dalam ruang-ruang pembakaran mesin.

2.10.7. Sistem reaktor termal

Metode lain untuk membatasi jumlah hidrokarbon yang tidak terbakar dan gas-gas karbon monoksida yang dikeluarkan dari mesin adalah mengganti manifold pembuangan konvensional dengan reaktor termal yang tertutup rapat dan berkapasitas lebih besar yang berperan sebagai ruang pembakaran sekunder. Jadi memungkinkan terjadinya pembakaran lanjutan terhadap gas-gas buangan dengan meningkatkan efek-efek dari suhu dan waktu dalam perjalanan mereka dari mesin ke sistem pembuangan.

2.10.8. Kit Konversi (*Conversion Kit*)

Kit konversi atau dikenal juga dengan nama "*Conversion Kit*" merupakan peralatan tambahan pada motor bakar sehingga motor tersebut dapat menggunakan bahan bakar gas. Berikut adalah skema sistim motor bakar yang menggunakan *Dual Fuel*. (Tirtoatmodjo dan Willyanto. *Jurnal Teknik Mesin Volume 1 Nomor 1 Universitas Kristen Petra, 1999*).

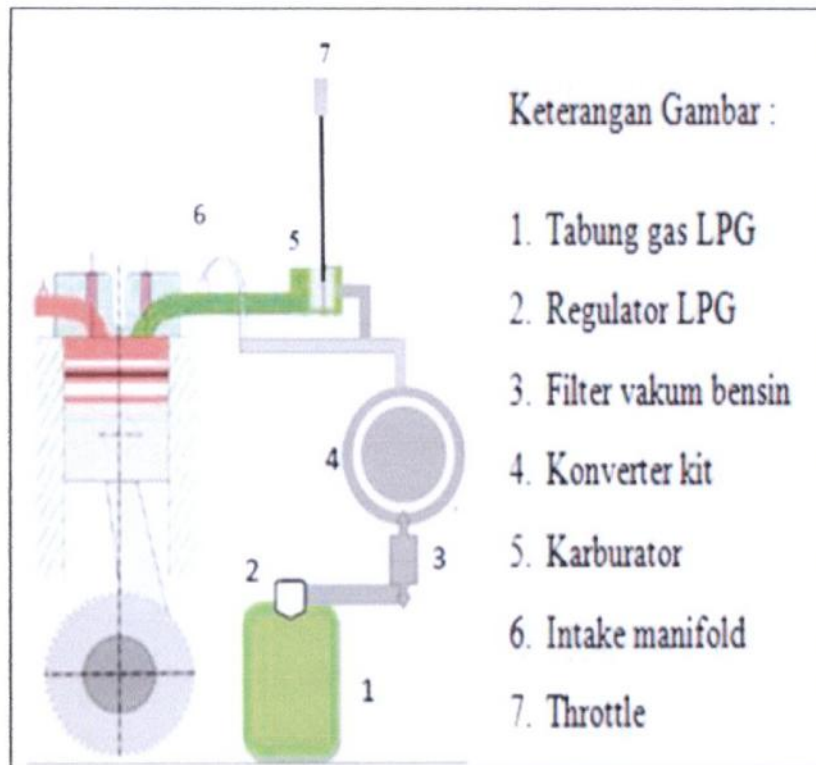


Gambar 2.5. Skema Sistem Konversi Kit Dual Fuel

(Sumber : Tirtoatmodjo & Willyanto, 1999)

Adapun cara kerja pengoperasian konversi kit pada kendaraan bermotor dapat dijelaskan sebagai berikut: BBG yang disimpan dalam tangki BBG yang bertekanan 200 bar mengalir melalui pipa baja menuju ke *manual valve* yang berfungsi membuka atau menutup aliran gas dari tangki. Bila posisi terbuka maka gas akan mengalir menuju ke *barometer* penunjuk tekanan tabung, kemudian ke *solenoid valve* pada regulator. *Solenoid valve* diatur dari *switch starter* motor bakar. Bila *switch* dalam keadaan *on* maka gas dapat masuk ke dalam regulator utama dan sekunder. Gas keluar dari regulator sekunder dengan tekanan yang cukup rendah menuju ke *mixer* yang kemudian akan bercampur dengan udara. (Tirtoatmodjo dan Willyanto. *Jurnal Teknik Mesin Volume 1 Nomor 1 Universitas Kristen Petra, 1999*).

Berikut ini adalah gambar skema rangkaian dari konversi kit yang digunakan pada penelitian.



Gambar 2.6. Skema Rangkaian Konversi Kit.

Sistim kerja konverter kit hasil pengujian adalah sebagai berikut :

Bahan bakar gas LPG yang berada dalam tabung bertekanan tinggi dikeluarkan setelah regulator dibuka, kemudian gas diteruskan melalui selang menuju *Vakum Filter* minyak lalu dikonversi dengan menggunakan alat Konverter kit yang sudah terhubung dengan karburator dan *Intake Manifold*, bahan bakar gas LPG yang keluar diatur sesuai dengan berputarnya *throttle*. Dari penjelasan diatas dapat disimpulkan, sistem kerja Konverter kit berperan besar terhadap terjadinya proses pembakaran diruang bakar.

Dalam pemakaian bahan bakar gas LPG untuk kendaraan uji tidak ada perubahan pada mesin kendaraan yang ada hanya penambahan peralatan konverter kit. Jika menggunakan bahan bakar gas LPG maka katup bahan bakar harus dalam kondisi tertutup, apabila diinginkan hanya penggunaan bahan bakar jenis premium maka hanya mengaktifkan kembali fungsi dari katup bahan bakar pada karburator dan menutup kran pengatur tekanan pada komponen *Vakum Filter* minyak.