

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

I Gede Wiratmaja (2010) meneliti tentang peningkatan unjuk kerja motor bensin dengan menggunakan biogasoline sebagai bahan bakarnya. Dari penelitiannya menunjukkan Biogasoline (90:10) menghasilkan daya dan torsi yang lebih besar jika dibandingkan dengan bahan bakar premium, namun masih lebih boros dalam hal konsumsi bahan bakarnya.

W.D Yudisworo (2014) melakukan Study alternatif tentang penggunaan BBG LPG untuk bahan bakar mesin bensin konvensional dalam studynya menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar LPG sebagai pengganti alternatif bahan bakar mesin Konvensional sangat mungkin lebih efisien dibandingkan dengan bahan bakar fosil atau bahan bakar minyak.

Tulus Burhanuddin Sitorus, ST, MT (2002) dalam jurnalnya "TINJAUAN PENGEMBANGAN BAHAN BAKAR GAS SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF" menunjukkan bahwa BBG merupakan bahan bakar alternatif yang paling prospektif dikembangkan untuk kendaraan, karena:

- Cadangan gas bumi relatif masih cukup besar dan biaya pengadaannya lebih murah dari BBM.
- Konsumsi BBM untuk transportasi adalah yang paling besar (mencapai 52%) dibandingkan untuk industri (19%), listrik (7%) dan rumah tangga (22%) (1). Sehingga pengalihan BBM dengan BBG akan mengurangi konsumsi BBM secara signifikan.
- Aman karena BBG memiliki berat jenis yang lebih ringan daripada udara sehingga bila terjadi kebocoran maka BBG segera membumbung ke udara dan sulit bagi BBG untuk membentuk campuran mampu terbakar di udara. Untuk menghindari ledakan,

maka pada tangki BBG dilengkapi dengan katup yang akan terbuka jika tekanan tangki melebihi batas tekanan yang diizinkan dan segera kembali setelah tekanan tangki normal kembali.

- Lebih hemat dalam pemakaian minyak pelumas dan busi.
- Bahan Bakar Gas memiliki nilai oktan yang lebih tinggi daripada BBM sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya detonasi.
- Murah karena BBG dijual dalam satuan liter setara premium lebih murah 40% – 50% dari premium.
- Diproduksi di dalam negeri
- Ramah lingkungan karena polusi yang disebabkan oleh BBG relatif lebih rendah dibandingkan BBM. Hal ini disebabkan karena BBG dengan unsur utama metana dan etana mempunyai perbandingan jumlah atom hidrogen terhadap atom karbon yang lebih tinggi. Dan pada proses pemurnian BBG tidak digunakan TEL (zat aditif untuk menaikkan angka oktan). Tingkat pengurangan emisi tertentu untuk kendaraan BBG jika dibandingkan dengan bensin adalah [4]:
 - CO, 60%–80%
 - NOx, 50%–80%
 - CO₂, sekitar 30%
 - Reaktifitas penghasil ozon, 80%–90%.
- Aman karena BBG memiliki berat jenis yang lebih ringan daripada udara sehingga bila terjadi kebocoran maka BBG segera membumbung ke udara dan sulit bagi BBG untuk membentuk campuran mampu terbakar di udara. Untuk menghindari ledakan, maka pada tangki BBG dilengkapi dengan katup yang akan terbuka jika tekanan tangki melebihi batas tekanan yang diizinkan dan segera kembali setelah tekanan tangki normal kembali.
- Lebih hemat dalam pemakaian minyak pelumas dan busi.
- Bahan Bakar Gas memiliki nilai oktan yang lebih tinggi daripada BBM sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya detonasi.
- Murah karena BBG dijual dalam satuan liter setara premium lebih murah 40% – 50% dari premium.
- Diproduksi di dalam negeri

2.2 Teori pendukung penelitian

2.2.1 Pengertian Motor Bensin

Motor bensin (Spark Ignition Engine) adalah suatu tipe mesin pembakaran dalam (Internal Combustion Engine) yang dapat mengubah energi panas dari bahan bakar menjadi energi mekanik berupa daya poros pada putaran poros engkol. Energi panas diperoleh dari pembakaran bahan bakar dengan udara yang terjadi pada ruang bakar (Combustion Chamber) dengan bantuan bunga api yang berasal dari percikan busi untuk menghasilkan gas pembakaran.

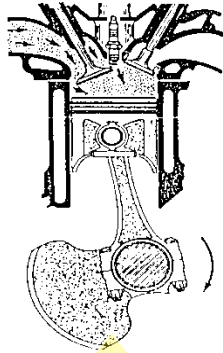
Berdasarkan siklus kerjanya motor bensin dibedakan menjadi dua jenis yaitu motor bensin dua langkah (*two stroke engine*) dan motor bensin empat langkah (*four stroke engine*). Motor bensin dua langkah adalah motor bensin yang memerlukan dua kali langkah torak, satu kali putaran poros engkol untuk menghasilkan satu kali daya (usaha). Sedangkan motor bensin empat langkah adalah motor bensin yang memerlukan empat kali langkah torak, dua kali putaran poros engkol untuk menghasilkan satu kali daya (usaha). Namun yang diuraikan dibawah ini adalah cara kerja motor 4 langkah.

2.2.2 Prinsip Kerja Motor Bensin 4 Tak (Empat Langkah)

Adapun cara kerja motor bensin 4 langkah adalah sebagai berikut:

a. Langkah Hisap

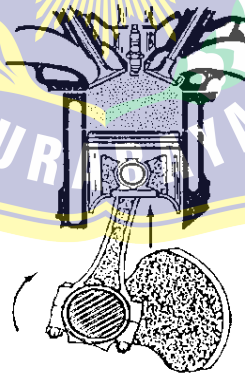
Pada tahap langkah hisap, campuran bahan bakar dan udara akan dihisap ke dalam silinder. Hal ini disebabkan karena pada saat torak (*piston*) bergerak ke bawah, maka terjadi kevakuman di dalam silinder sehingga campuran bahan bakar dan udara akan terhisap melalui katup hisap yang sedang membuka. Masuknya campuran bahan bakar dan udara selain disebabkan oleh kevakuman di dalam silinder juga disebabkan adanya tekanan udara luar (*atmospheric pressure*) (Toyota Astra Motor, 1995:3-4).



Gambar 2.1 Langkah hisap
Sumber: VEDC (2000:1)

b. Langkah Kompresi

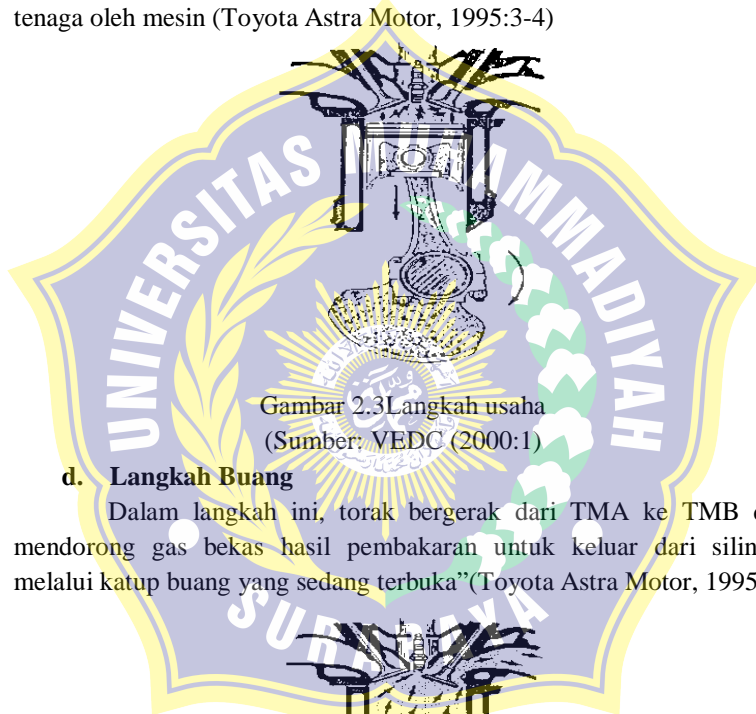
Pada proses langkah kompresi, campuran bahan bakar dan udara yang sudah masuk ke silinder selanjutnya akan dikompresikan. Katup hisap dan katup buang tertutup. Pada saat torak mulai naik dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA), maka campuran tersebut akan dikompresikan sehingga tekanan dan temperaturnya naik dan memudahkan untuk terjadinya pembakaran. Pada langkah ini, poros engkol sudah berputar satu kali ketika torak mencapai TMA (Toyota Astra Motor, 1995:3-4).



Gambar 2.2 Langkah kompresi
(Sumber: VEDC (2000:1))

c. Langkah Usaha

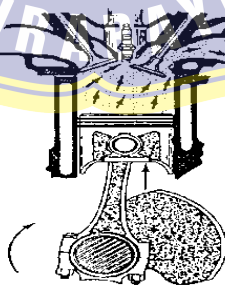
Sesaat sebelum torak mencapai TMA, pada saat langkah kompresi, maka busi akan memberi loncatan bunga api pada campuran bahan bakar dan udara yang telah dikompresikan sehingga terjadi pembakaran di dalam silinder. Dengan terjadinya pembakaran tersebut, maka kekuatan dari tekanan gas pembakaran yang tinggi akan mendorong torak bergerak ke bawah. Usaha inilah yang dijadikan tenaga oleh mesin (Toyota Astra Motor, 1995:3-4)



Gambar 2.3 Langkah usaha
(Sumber: VEDC (2000:1))

d. Langkah Buang

Dalam langkah ini, torak bergerak dari TMA ke TMB dan mendorong gas bekas hasil pembakaran untuk keluar dari silinder melalui katup buang yang sedang terbuka” (Toyota Astra Motor, 1995:3)



Gambar 2.4 Langkah buang
(Sumber: VEDC (2000:1))

Ketika torak mencapai TMA, maka torak mulai bergerak untuk persiapan berikutnya, yaitu langkah hisap. Poros engkol (*crankshaft*) telah melakukan dua putaran penuh dalam satu siklus yang terdiri dari langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha dan langkah buang. Prinsip ini merupakan dasar kerja dari mesin bensin 4 langkah.

2.2.3 Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dari tangki ke ruang bakar. Sistem bahan bakar dibedakan menjadi dua proses pengaliran yaitu:

1. Sistem pengaliran bahan bakar

Sistem pengaliran bahan bakar bertugas mengalirkan bahan bakar dari tangki ke karburator. Komponen utama sistem pengaliran bahan bakar terdiri dari tangki bahan bakar, pompa bahan bakar (fuel pump), dan karburator.

2. Sistem pemasukan bahan bakar

Sistem pemasukan bahan bakar ini dimana telah terjadi campuran bahan bakar dan udara atau sudah berbentuk gas. Komponennya terdiri dari saringan udara dan saringan pemasukan (intake manifold).

Perbandingan campuran antara udara dan bahan bakar dalam keadaan sebenarnya menurut Boentarto, 1999 adalah sebagai berikut :

- | | | |
|---------------------------------|-------|-----|
| - Mesin dingin distart | 2-3 | : 1 |
| - Mesin panas distart | 7-8 | : 1 |
| - Putaran ideal | 8-10 | : 1 |
| - Putaran rendah | 10-12 | : 1 |
| - Putaran menengah | 15-17 | : 1 |
| - Putaran tinggi | 12-13 | : 1 |
| - Bahan bakar terbakar sempurna | 15 | : 1 |
| - Pembakaran minimum | 16-17 | : 1 |

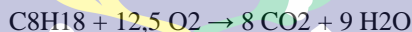
2.2.4 Proses Pembakaran Bahan Bakar

Pembakaran dapat didefinisikan sebagai kombinasi secara kimiawi yang berlangsung secara cepat antara oksigen dan unsur yang mudah terbakar dari bahan bakar pada suhu dan tekanan tertentu (Yeliana, Dkk, 2004). Pembakaran pada motor bensin diawali oleh percikan bunga api listrik dari busi yang terjadi pada saat beberapa derajat poros engkol sebelum torak mencapai titik mati atas (TMA), membakar campuran bahan bakar udara yang telah dikompresikan oleh gerakan torak dari titik mati bawah (TMB) menuju titik mati atas (TMA). Secara umum hanya terdapat tiga unsur yang penting di dalam bahan bakar, yaitu Karbon, Hidrogen, dan Sulfur (Belarang).

Dalam proses pembakaran, energi kimia diubah menjadi energi dalam bentuk panas dimana pada setiap pembakaran selalu dihasilkan gas sisa hasil dari proses pembakaran yang dinamakan gas buang yang meliputi beberapa komponen-komponen gas buang antara lain CO₂, NO₂, H₂O, SO₂ dan CO. Contoh pembakaran secara kimia antara karbon (C), Hidrogen (H₂) dengan oksigen (O₂) dapat dilihat pada reaksi berikut :



Proses pembakaran secara teoritis suatu bahan bakar bensin (isooktan) dapat dilihat pada reaksi dibawah ini :



Secara umum proses pembakaran pada motor bensin dapat dibedakan menjadi 2 bagian yaitu :

a. Pembakaran Sempurna (Normal)

Pembakaran sempurna adalah pembakaran dimana semua unsur yang dapat terbakar di dalam bahan bakar membentuk gas CO₂, dan H₂O, sehingga tak ada lagi bahan bakar yang tersisa. Mekanisme pembakaran sempurna dalam motor bensin dimulai pada saat terjadi loncatan bunga api listrik dan busi. Selanjutnya api membakar campuran bahan bakar udara yang berada di sekelilingnya dan terus

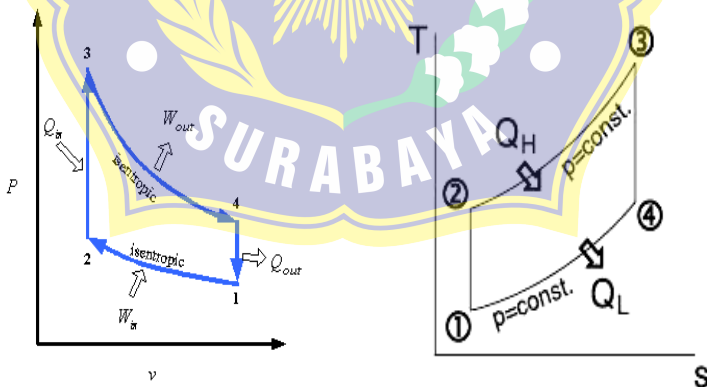
menjalar ke seluruh bagian sampai semua campuran bahan bakar - udara habis terbakar.

b. Pembakaran Tidak Sempurna

Pembakaran yang tidak sempurna akan menimbulkan suatu gejala yang dinamakan dengan detonasi. Hal ini terjadi karena disebabkan pada proses pembakaran yang tidak serentak pada saat langkah kompresi belum berakhir (busi belum memercikkan bunga api) ditandai dengan adanya pengapian sendiri yang muncul mendadak pada bagian akhir dari campuran. Campuran yang telah terbakar akan menekan campuran bahan bakar yang belum terbakar. Akibatnya, campuran bahan bakar yang belum terbakar tersebut temperaturnya meningkat sehingga melewati temperatur untuk menyala sendiri.

2.2.5 Siklus Udara Volume Konstan (Siklus Otto)

Siklus udara volume konstan (Siklus Otto) adalah siklus ideal yang menerima tambahan pascayang terjadi secara konstan ketika piston dalam posisi titik mati atas (TMA). Siklus udara volume konstant dapat digambarkan dalam diagram P – V dan diagram T – S.



Gambar 2.5 Diagram P – V dan T – S pada Siklus Otto ideal.

Berikut ini sifat ideal yang dipergunakan dan keterangan mengenai proses siklusnya yaitu :

1. Proses 0 – 1 adalah langkah hisap tekanan konstan yaitu campuran bahan bakar dan udara yang di hisap kedalam silinder.
2. Proses 1 – 2 adalah langkah kompresi adiabatik reversibel yaitu campuran bahan bakar dan udara dikompresikan.
3. Proses 2 – 3 adalah proses pembakaran volume konstan, campuran udara dan bahan bakar dinyalakan dengan bunga api.
4. Proses 3 – 4 adalah langkah ekspansi adiabatik reversibel, kerja yang ditimbulkan gas panas yang berekspansi.
5. Proses 4 – 1 adalah proses pembuangan panas pada volume konstan, panas dibuang melewati dinding ruang bakar.
6. Proses 1 – 0 adalah proses pembuangan kalor, katup buang terbuka maka gas sisa pembakaran terbang.

Proses lengkap pada siklus diatas memerlukan empat langkah dari torak, dua kali putaran poros engkol. Selama proses kompresi dan ekspansi tidak terjadi pertukaran panas, oleh karena itu selisih panas yang masuk dengan panas yang keluar merupakan usaha yang dihasilkan tiap siklus. Jumlah panas yang dimasukkan pada proses pengisian adalah (NP Wibawa, 2004) :

$$Q_{2-3} = C_v (T_3 - T_2) \text{ KJ/Kg} \quad 2.1$$

Dimana :

C_v = Panas jenis pada volume konstan (KJ/kg.K)

T_2 = Temperatur akhir kompresi (K)

T_3 = Temperatur akhir pengisian panas (K)

Jumlah panas yang dikeluarkan pada proses pembuangan adalah :

$$Q_{out} = Q_{4-1} = C_v (T_4 - T_1) \text{ KJ/Kg} \quad 2.2$$

Dimana :

T_4 = Temperatur akhir ekspansi

T_1 = Temperatur udara masuk atau akhir pembuangan

Jadi panas yang berubah dan berguna menjadi usahatiap siklus ialah selisih antara panas masuk (Q₂₋₃)dengan panas keluar (Q₄₋₁) :

$$W_{net} = Q_{2-3} - Q_{4-1} = C_v (T_3 - T_2) - C_v (T_4 - T_1) \quad 2.3$$

Efisiensi thermis ideal didefinisikan sebagai panasyang berguna terhadap panas masuk, sehingga :

$$\eta_{th} = \frac{W_{th}}{Q_{(2-3)}} \quad 2.4$$

$$\eta_{th} = \frac{Q_{(2-3)} - Q_{(4-1)}}{Q_{(2-3)}} \quad 2.5$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{Q_{(4-1)}}{Q_{(2-3)}} \quad 2.6$$

Untuk proses tersebut diatas efisiensi thermis siklusdapat juga dinyatakan dengan persamaan sebagaiberikut :

$$\eta_{th} = 1 - \frac{C_v(T_4 - T_1)}{C_v(T_3 - T_2)} \quad 2.7$$

Atau

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_1 \left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)}{T_2 \left(\frac{T_3}{T_2} - 1 \right)} \quad 2.8$$

Temperatur – temperatur ini dalam pelaksanaanpraktek tidak diketahui, biasanya yang diketahui adalahperbandingan volume kompresi atau ekspansi.Maka persamaan diatas dapat dinyatakan dalam hubunganvolume.

Proses kompresi dari keadaan 1 ke keadaan 2 berlangsung secara adiabatik, jadi berlaku hubungan :

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} \quad 2.9$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} = T_1 \cdot C^{\gamma-1} \quad 2.10$$

Sedangkan **proses ekspansi** berlangsung dari keadaan 3 ke keadaan 4 secara adiabatik, jadi berlaku hubungan :

$$\frac{T_4}{T_3} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} \quad 2.11$$

Oleh karena itu akan dipenuhi hubungan :

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_4}{T_3} \quad \text{atau} \quad \frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2} \quad 2.12$$

dari hubungan inilah diperoleh persamaan untuk menentukan efisiensi termis teoritis yaitu :

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_1 \left(\frac{T_4}{T_1} - 1\right)}{T_2 \left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)} \quad 2.13$$

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_1}{T_2} \quad 2.14$$

$$\eta_{th} = 1 - \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 1 - \left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{\gamma-1} \quad 2.15$$

Jadi :

$$\eta_{th} = 1 - \left(\frac{1}{C}\right)^{\gamma-1} \quad 2.16$$

Dimana :

C = Perbandingan volume kompresi

γ = Eksponen adiabatik

Perhatikan bahwa efisiensi siklus otto udara standar hanya merupakan fungsi angka kompresi. Itulah sebabnya ada kecenderungan untuk mempertinggi angka kompresi.

2.2.6 Jenis Bahan Bakar

Suatu mesin dapat bekerja karena adanya bahan bakar. Berbagai macam dan jenis bahan bakar baik dalam bentuk cair, padat, maupun gas yang masing-masing mempunyai nilai bakar yang berbeda pula. Bahan bakar yang umum digunakan untuk motor bakar antara lain bensin, solar, BBG (Bahan Bakar Gas), dan lain-lain.

1. Bahan Bakar Minyak / Bensin

Bahan bakar bensin adalah hasil dari pemurnian *nephta* yang komposisinya dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk motor bakar. Yang dimaksud dengan *nephta* adalah semua jenis minyak ringan (light oil) yang memiliki sifat antara bensin (gasolin) dan kerosin. Bensin sangat mudah menguap pada 40°C sebanyak 30-60% dan pada 100°C sebanyak 80-90%. Kepadatan bensin berkisar antara 715 – 780 kg/m^3 .

Sifat mudah menguap tersebut antara lain mempunyai akibat, bensin setelah dikabutkan menjadi tetesan halus sehingga dapat disalurkan ke dalam silinder oleh aliran udara. Setelah dimurnikan, bensin yang dijual diberi beberapa bahan tambahan atau *zat aditif* untuk memperbaiki sifat-sifatnya agar tidak mengumpal bila disimpan dalam waktu yang lama. Salah satu bensin yang dipasarkan adalah bensin jenis premium.

➤ Premium

Bensin premium adalah jenis bensin yang bernilai oktan 88. Premium merupakan bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Warna kuning tersebut karena adanya zat pewarna tambahan. Pada umumnya premium digunakan untuk

kendaraan bermotor bensin seperti : mobil, motor, motor tempel, dan lain-lain.

Premium mempunyai sifat anti ketukan yang baik dan dapat dipakai pada mesin dengan batas kompresi hingga 9,0 : 1 pada semua jenis kondisi, namun premium tidak baik jika digunakan untuk bahan bakar motor bensin dengan kompresi tinggi karena dapat menyebabkan *knocking*. Knocking dapat dikurangi dengan menambahkan zat aditif seperti TEL (tetra ethyl lead, $Pb(C_2H_5)_4$), MTBE (methyl tertiary butyl ether, C_3H_7O), atau Etanol dalam bahan bakar tersebut.

Premium untuk motor-motor automobile terdiri dari campuran fluida yang didistilasi pada suhu $100^{\circ}F$ dan campuran ini terdiri dari

1. *Straight Run Neptha* yaitu minyak bumi yang mendidih sampai dengan suhu $400^{\circ}F$.
2. *Reform Neptha* yang diperoleh dengan cara pengolahan secara thermis atau dengan hidrogenesis katalis distilasi seperti minyak dan gas.
3. *Casing Head Gasoline* diperoleh dari proses distilasi kering gas alam (natural gas).

Bensin premium produk Pertamina memiliki kandungan maksimum sulfur (S) 0,05%, timbal (Pb) 0,013% (jenis tanpa timbal) dan (Pb) 0,3% (jenis dengan timbal), oksigen (O) 2,72%, pewarna 0,13 gr/100L, tekanan uap 62 kPa, titik didih $215^{\circ}C$, serta massa jenis (suhu $15^{\circ}C$) $715-780 \text{ kg/m}^3$.

2. Bahan Bakar Gas

Bakar Gas merupakan gas alam yang telah dimampatkan. Secara umum lebih dari 80% komponen gas bumi yang dipakai sebagai BBG merupakan gas metana, 10%-15% gas etana, dan sisanya adalah gas karbon dioksida, dan gas-gas lain. Susunan BBG yang dipakai di Jakarta 93% terdiri dari gas metana, 3,2% gas etana, dan 3,8% sisanya adalah gas nitrogen, propana, dan karbon dioksida. Komposisi gas alam tersebut berbeda-beda antara satu sumber dengan sumber lainnya.

Bahan bakar gas dapat dikelompokkan 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.

Komponen utama dalam gas alam adalah metana (CH_4), yang merupakan molekul hidrokarbon rantai terpendek dan teringan. Gas alam juga mengandung molekul-molekul hidrokarbon yang lebih berat seperti etana (C_2H_6), propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}), selain juga gas-gas yang mengandung sulfur (belerang). Gas alam juga merupakan sumber utama untuk sumber gas helium. Salah satu gas alam yang digunakan sebagai bahan bakar motor bakar antara lain:

➤ **CNG**

Gas alam terkompresi (*Compressed Natural Gas*) adalah bahan bakar yang berasal dari gas bumi dengan unsur utama gas metana yang dimampatkan. CNG dapat digunakan sebagai alternatif bahan bakar selain bensin atau solar. Di Indonesia, kita mengenal CNG sebagai bahan bakar gas (BBG). Bahan bakar ini dianggap lebih 'bersih' bila dibandingkan dengan dua bahan bakar minyak karena emisi gas buangnya yang ramah lingkungan.

CNG dibuat dengan melakukan kompresi metana (CH_4) yang diekstrak dari gas alam (S.Zaini, et al., 2013). CNG memiliki hidrogen yang lebih tinggi untuk rasio karbon dari pada bahan bakar minyak dan menghasilkan lebih sedikit CO_2 per unit energi (L.Kirk, et al., 2014). CNG disimpan dan didistribusikan dalam bejana tekan, biasanya berbentuk silinder.

Konversi ke CNG difasilitasi dengan pemberian harga yang lebih murah bila dibandingkan dengan bahan bakar cair (bensin dan solar), peralatan konversi yang dibuat lokal dan infrastruktur distribusi CNG yang terus berkembang.

Sejalan dengan semakin meningkatnya harga minyak dan kesadaran lingkungan, CNG saat ini mulai digunakan juga untuk kendaraan penumpang dan truk barang berdaya ringan hingga menengah. Sesungguhnya di Indonesia, CNG bukanlah barang baru. Pencanaan untuk menggunakan CNG yang harganya lebih

murah dan lebih bersih lingkungan daripada bahan bakar minyak (BBM) sudah dilakukan sejak tahun 1986.

CNG kadang-kadang dianggap sama dengan LNG. Walaupun keduanya sama-sama gas alam, perbedaan utamanya adalah CNG adalah gas terkompresi sedangkan LNG adalah gas dalam bentuk cair. CNG secara ekonomis lebih murah dalam produksi dan penyimpanan dibandingkan LNG yang membutuhkan pendinginan dan tangki kriogenik yang mahal. Akan tetapi CNG membutuhkan tempat penyimpanan yang lebih besar untuk sejumlah massa gas alam yang sama serta perlu tekanan yang sangat tinggi. Oleh karena itu pemasaran CNG lebih ekonomis untuk lokasi-lokasi yang dekat dengan sumber gas alam. CNG juga perlu dibedakan dari LPG, yang merupakan campuran terkompresi dari propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}).

Perbedaan antara LPG dan CNG

1. CNG pada dasarnya terdiri dari metana sedangkan LPG adalah campuran dari propana, butane dan bahan kimia lainnya.
2. Perbedaan penting lain dari sudut pandang fisik adalah bahwa CNG tidak mencair di bawah tekanan tinggi – dan akan tetapi menjadi bentuk gas, kecuali didinginkan setidaknya - 164 Å° C. LPG, di sisi lain akan menjadi cair bila ditekan atau saat didinginkan (karena itu Namanya "Liquefied Petroleum Gas").
3. CNG secara langsung berasal dari daerah gas. Satu-satunya proses yang kadang-kadang perlu dilakukan, adalah menyaring gas terlebih dahulu. Tapi biasanya, gas dapat langsung digunakan sebagai bahan bakar setelah proses kompresi. Namun bagaimanapun juga, LPG, adalah produk buatan. Ini adalah campuran dari beberapa gas yang telah disebutkan di atas. Oleh karena itu, gas-gas ini perlu dicampur, sebelum mereka dapat digunakan sebagai bahan bakar.

4. CNG memiliki bagian besar dari Hidrogen dan karena itu lebih ringan daripada udara (atribut ini sebenarnya membuat CNG sangat aman: sekali ada kebocoran dalam sistem, gas hanya akan dilepas ke atmosfer). LPG di sisi lain, adalah dua kali lebih berat seperti udara. Gas ini biasanya merupakan produk- hasilan yang menumpuk dari pengeboran minyak serta penyempurnaan minyak.

Karakteristik dari gas sangat tergantung pada komponen yang ada dalam gas tersebut. Berikut perbedaan karakteristik antara Premium dan CNG.

Tabel 1 Sifat Beberapa Bahan Bakar

No	Karakteristik	Premium	CNG
1	Komposisi	C ₈ H ₁₈	CH ₄
2	Densitas	0,75 kg/l	0,15 kg/l
3	Berat molekul	114,8 kg/kmol	17,51 kg/kmol
4	Nilai Kalor	45950 kJ/kmol	47476 kJ/kmol
5	AFR Stoikiometri	14,57	16,15
6	Temperatur Penyalaan Min	360°C	521,4°C
7	Kecepatan Nyala	20 - 40 m/s	0,66 m/s
8	Angka Oktan	88	130

2.2.7 Parameter Unjuk Kerja pada Motor Pembakaran Dalam

"Kemampuan mesin adalah prestasi dari suatu mesin dimana prestasi tersebut erat kaitannya dengan daya mesin yang dihasilkan serta daya guna dari mesin tersebut" (Toyota Astra Motor, 1995:1-1). Ada beberapa parameter yang menunjukkan *performance* atau unjuk kerja dari suatu mesin antara lain:

1. Torsi (T)

Proses pembakaran di dalam silinder akan menimbulkan tekanan yang diteruskan untuk menekan torak. Dengan adanya tekanan ini torak akan mengubahnya menjadi gaya. Gaya ini selanjutnya akan diteruskan ke batang torak yang nantinya akan menyebabkan poros engkol berputar. Berputarnya poros engkol ini akan menyebabkan timbulnya tenaga putar atau torsi. Besarnya torsi dapat dirumuskan (Toyota Astra Motor, 1995:1-6) sebagai berikut:

$$T = F \cdot r \quad 2.17$$

Keterangan:

- T = Torsi (N.m)
F = Gaya yang bekerja pada torak (N)
r = Panjang lengan poros (*crank arm* ½ langkah torak) (m)

2. Daya Poros/Daya Efektif (Ne)

Daya yang digunakan pada motor pembakaran dalam adalah daya poros karena poros itulah yang menggerakkan beban. Besarnya daya poros (Saleh, 1995:9) dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$Ne = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{60000} \quad (\text{kW}) \quad 2.18$$

Keterangan:

- Ne = Daya efektif (kW)
T = Momen puntir/Torsi (kg.m)
n = Putaran mesin (rpm)
1Kw = 0,7457 HP
1 PS = 75 kg.m/s = 0,9863 Hp
1 kg.m = 9,807 Nm

3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Sfc*)

Konsumsi bahan bakar spesifik (*Sfc*) adalah banyaknya konsumsi bahan bakar untuk menghasilkan daya efektif 1 hp. Nilai *Sfc*(Arismunandar 2002,)adalah:

$$mf = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho \text{ (kg/jam)} \quad 2.19$$

Dimana :

- mf = Jumlah pemakaian bahan bakar (kg/jam)
- b = volume buret yang dipakai selama pengujian (cc)
- t = waktu (detik)
- ρ = massa jenis bahan bakar (kg/l)

maka nilai *Sfc* adalah :

$$Sfc = \frac{mf}{Ne} = \frac{\text{jumlah bahan bakar (kg/jam)}}{\text{Daya (kW)}} \quad 2.20$$

4. Tekanan Efektif Rata-Rata (*bmep*)

Tekanan efektif rata-rata (*bmep*) didefinisikan sebagai tekanan konstan secara teoritis yang dapat menggambarkan setiap langkah kerja dari mesin untuk menghasilkan daya. Tekanan efektif rata-rata (Arismunandar, 2005:24)adalah:

$$Bmep = \frac{450.000 \times N}{V_L \times Z \times n \times a} \text{ kg/cm}^2 \quad 2.21$$

$$N = Bmep \times V_L \times Z \times n \times a \times \frac{1}{60 \times 100 \times 75} \text{ PS} \quad 2.22$$

Keterangan:

bmep = Tekanan efektif rata-rata (kg/cm²)

- V_L = Volume langkah torak per silinder (cm^3)
 Z = Jumlah silinder atau torak
 n = Putaran mesin (rpm)
 a = 1 (untuk motor 2 tak)
 2 (untuk motor 4 tak)
 N = Daya motor atau daya efektif (PS)
 1 PS = $75 \text{ kg.m/s} = 0,9863 \text{ HP}$

5. Efisiensi Thermal (η_{th})

Efisiensi thermal adalah ukuran besarnya energi panas yang tersimpan dalam bahan bakar untuk diubah menjadi daya efektif oleh mesin. Nilai efisiensi thermal (Arismunandar, 2005:33) :

$$\eta_{th} = \frac{Ne}{Gf.Qc} \times \frac{3600 \times 75}{427} = \frac{Ne}{Gf.Qc} \times 632 \quad 2.23$$

Keterangan:

- η_{th} = Efisiensi thermal
 G_f = Jumlah bahan bakar yang digunakan (kg/jam)
 Q_c = Nilai panas dari bahan bakar (kcal/kg)
 N_e = Daya efektif (PS)
 1 PS = 75 kg m/s
 1 kkal = 427 mkg

6. Perbandingan Udara dan Bahan Bakar (*Airfuelratio*)

Airfuelratio (AFR) merupakan perbandingan antara jumlah udara dengan bahan bakar yang digunakan untuk proses pembakaran. Besarnya perbandingan udara dan bahan bakar agar menghasilkan pembakaran yang sempurna adalah 14,7 : 1. Jika $AFR < 14,7$ berarti campuran kaya, dan jika $AFR > 14,7$ berarti campuran miskin. Perbandingan udara dan bahan bakar (Obert, 1973:48) dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\frac{A}{F} \left(\text{air-fuel ratio} \right) = \frac{\text{Jumlah Udara}}{\text{Jumlah Bahan Bakar}} \quad 2.24$$

7. *Lambda*(λ)

Lambda merupakan suatu perbandingan antara kebutuhan udara sesungguhnya dengan jumlah udara stoichiometric atau pada kondisi teoritis. *Lambda* dapat dirumuskan sebagai berikut.

Jika jumlah udara sesungguhnya 14,7, maka:

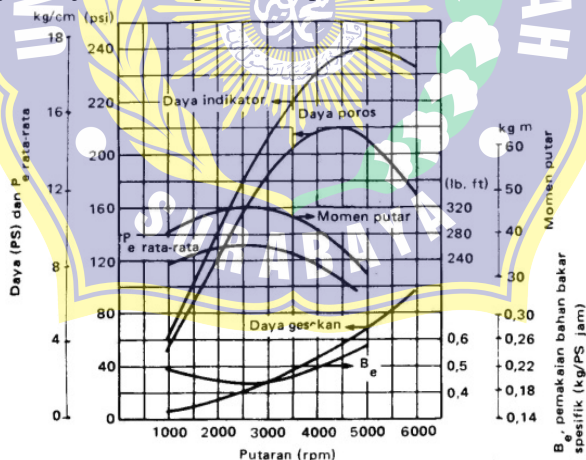
$$\lambda = \frac{\text{Jumlah udara sesungguhnya}}{\text{Jumlah udara teori stoichiometri}} \quad 2.25$$

$$\lambda = \frac{14,7}{14,7:1} = 1$$

Dimana :

- $\lambda = 1$ berarti campuran ideal
- $\lambda > 1$ berarti campuran kurus (lebih banyak udara)
- $\lambda < 1$ berarti campuran kaya (kekurangan udara)

Adapun grafik keseluruhan dari beberapa parameter performa atau unjuk kerja mesin dapat dilihat pada gambar 2.6 di bawah ini.



Gambar 2.6 Hasil pengujian motor bensin pada bermacam-macam putaran dengan katup gas terbuka penuh ($r=9$)

Sumber: Arismunandar(2005:39)