

Peningkatan Performance Motor Bensin 4 Tak 3 Silinder yang Menggunakan Bahan Bakar Gas dengan Penambahan Blower dan Sistem Injeksi

Rahardjo Tirtoatmodjo

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Willyanto

Dosen Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Mesin – Universitas Kristen Petra

Abstrak

Penggantian BBM menjadi BBG untuk kendaraan bermotor ternyata mengakibatkan penurunan daya motor yang dihasilkan.

Dengan menambahkan peralatan tambahan berupa blower (+ inverter) dan injeksi BBG, maka tekanan dan kepadatan campuran BBG dan udara yang masuk ke dalam ruang bakar bisa lebih tinggi dan daya yang dihasilkan motor bakar lebih meningkat dan bisa menyamai bahkan melebihi daya motor dari motor bakar pada waktu menggunakan bensin.

Kata kunci : performance, bahan bakar gas, blower, sistem injeksi, inverter

Abstract

Replacing from gasoline to gas fuel (BBG) for automotive, in fact, decreases the motor's power. By adding some equipments such as blower (+ inverter) and BBG injection, the pressure and density of BBG and air mixture into combustion chamber will be higher. This can make the power of combustion engine be equal even bigger than using gasoline.

Keywords : performance, CNG, blower, injection system, inverter

1. Pendahuluan

Dari tahun ke tahun jumlah kendaraan yang berlalu lalang terus bertambah, sedangkan persediaan minyak bumi makin menipis. Selain itu polusi yang dihasilkan oleh kendaraan yang menggunakan bahan bakar bensin cukup menakutkan. Kadar NO_x, CO, maupun HC sangat berbahaya bagi kesehatan makhluk hidup khususnya manusia.

Salah satu cara yang kini ditempuh oleh pemerintah adalah penggunaan bahan bakar alternatif yaitu BBG karena disamping produksi BBG di Indonesia yang melimpah, BBG juga memiliki beberapa keuntungan antara lain seperti memiliki AO (Angka Oktan) yang lebih tinggi dibanding bensin (AO BBG sekitar 120-130 dibanding bensin yang hanya sekitar 80 untuk premium-94 untuk premix), hasil pembakarannya relatif lebih bersih (mengingat rantai karbon BBG yang sangat pendek dibandingkan

bensin), umur minyak pelumas juga lebih panjang, dan berbagai keuntungan lainnya.

Disamping memikirkan bahan bakar alternatif (BBG) sebagai pengganti BBM, para pakar juga dituntut untuk meningkatkan efisiensi, karena dengan mengganti BBG untuk kendaraan bermotor ternyata mengakibatkan penurunan daya yang dihasilkan, salah satu sebab adalah karena kecepatan pembakaran BBG yang lebih kecil daripada bensin sehingga penyalaan BBG harus lebih awal. Hal tersebut meminimalkan kerja negatif pada piston pada saat langkah kompresi dari motor sehingga tekanan yang dihasilkan pada waktu proses pembakaran menurun. Sebenarnya hal ini bisa diatasi dengan meninggikan perbandingan kompresi dari motor sehingga tekanan kompresinya naik, bila dilakukan cara seperti ini maka dimensi motor harus diubah dan hal ini memerlukan proses pengerjaan yang sulit dan mahal.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka ditambahkan suatu peralatan tambahan yang berupa blower yang diletakkan setelah *mixer* (salah satu komponen dari konversi kit yang berfungsi untuk memberikan campuran

Catatan : Diskusi untuk makalah ini diterima sebelum tanggal 1 Agustus 1999. Diskusi yang layak muat akan diterbitkan pada Jurnal Teknik Mesin Volume 1 Nomor 2 Oktober 1999.

gas dan udara yang optimal sesuai dengan kebutuhan motor). Blower akan memberikan suplai udara bertekanan sehingga tekanan pada *mixer* menjadi vakum dan campuran segar yang masuk ke dalam silinder mempunyai tekanan yang lebih tinggi dari tekanan atmosfer sehingga tekanan maupun kepadatan campuran bahan bakar dan udara yang masuk bisa lebih tinggi, hal ini membuat daya yang dihasilkan motor lebih meningkat. Debit dan tekanan yang diberikan oleh blower merupakan fungsi dari putaran motor karena debit dan tekanan udara ideal yang dibutuhkan motor berbeda untuk setiap putaran motor. Putaran blower diatur dengan perangkat elektronik dengan menggunakan sensor arus pada koil.

2. Alat-alat Percobaan

2.1. Bahan Bakar Gas

BBG adalah Bahan Bakar Gas. Komposisi utamanya gas metana dan disertai gas lainnya yang persentasinya berbeda antara satu ladang dengan lainnya. Pertamina telah menyelidiki berbagai komposisi BBG di Indonesia yang tertera pada tabel 1.

Tabel 1. Susunan dan sifat BBG di Indonesia

Wilayah	Jawa	Sumsel	Sumut
Komposisi	%	%	%
Nitrogen (N ₂)	0,68	Trace	0,023
Karbon dioksida (CO ₂)	1,75	11,5	2,869
Metana (CH ₄)	95,03	69,7	89,263
Etana (C ₂ H ₆)	2,23	8,2	7,400
Propana (C ₃ H ₈)	0,29	7,5	0,348
Iso-butana (C ₄ H ₁₀)	0,01	1,1	0,018
Normal-butana (C ₄ H ₁₀)	0,01	1,2	0,028
Iso-pentana (C ₅ H ₁₂)	Trace	0,5	0,023
Normal-pentana (C ₅ H ₁₂)	Trace	0,3	0,015
Hexana (C ₆ H ₁₄)	Nil	trace	0,013
Total	100,00	100,0	100,000
Berat jenis spesifik (udara=1)	0,5907	0,8332	0,6838
Nilai kalor (Btu/SFC)	1015,9934	1153	1047,05942

Sanjaya (1995) memberikan spesifikasi tentang BBG yang sebagian besar terdiri atas gas metana (CH₄) :

- Berat jenis = 0,6036 x berat jenis udara
- Kalor pembakaran = 37,8 ÷ 42 MJ/m³
- Titik nyala 650°C (bensin ± 450°C)
- Angka oktan ± 120 RON

2.2. Konversi Kit

Konversi Kit atau dikenal juga dengan nama Conversion kit merupakan peralatan tambahan pada motor bakar sehingga motor dapat tersebut menggunakan BBG. Sistem motor bakar yang menggunakan *Dual fuel* dapat dijelaskan dengan skema sebagai berikut :



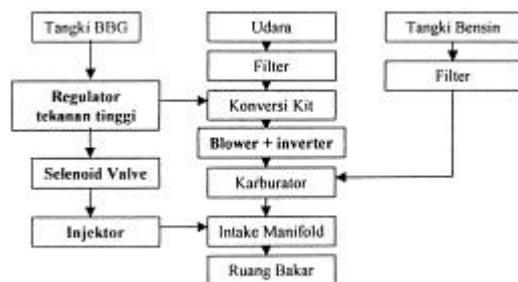
Gambar 1. Skema Sistem Konversi Kit Utama

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.

2.3. Sistem konversi kit dengan tambahan blower dan injeksi

Sistem Konversi Kit dengan tambahan blower injeksi yang digunakan untuk meningkatkan unjuk kerja dari motor yang menggunakan *Dual fuel* dapat dijelaskan dengan skema berikut:



Gambar 2. Skema sistem konversi kit dengan tambahan blower dan injeksi

Sistim konversi kit dengan tambahan blower dan injeksi tersebut terdiri dari :

1. Regulator

Regulator ini berfungsi untuk menurunkan tekanan dari tangki penyimpanan BBG yang bertekanan tinggi sampai ke tingkat tekanan kerja dari injeksi. Pada prototipe jenis regulator yang digunakan adalah regulator oksigen, karena regulator tersebut mampu menahan tekanan gas sampai 200 bar. Pada regulator tersebut terdapat dua buah barometer yaitu satu untuk penunjuk tekanan di dalam tangki BBG dan satu lagi untuk menunjukkan tekanan *output* yang diinginkan.

2. Solenoid valve

Pada prototipe ini digunakan solenoid valve yang mampu berkeja pada berbagai macam fluida, seperti gas, uap, air, udara dan lain-lain. *Solenoid valve* yang digunakan HSW-1-02.

Spesifikasi :

Ukuran pipa	: ¼"
Diameter orifice	: 3 mm
Tekanan kerja	: 0 ÷ 10 kgf/cm ²
Body	: brass, alumunium
Temperatur fluida	: air 0 ÷ 60°C, uap air 1400°C
Jenis tegangan	: AC/DC

3. Injektor atau nozzle

Pada prototipe ini digunakan *nozzle* yang terpisah dari *solenoid valve* dan terbuat dari kuningan. Injektor tersebut berupa sebuah silinder berlubang dan mempunyai sebuah lubang pada ujung dalam manifold di mana lubang tersebut mengarah pada saluran percabangan menuju ke masing-masing silinder sehingga pada saat katup masuk terbuka maka bahan bakar gas yang diinjeksikan dapat tertarik oleh kevakuman dalam silinder dan menuju katup masuk silinder.

4. Blower

Pada prototipe ini dipilih blower merk JOUNING. Dasar pemilihan blower ini disamping pertimbangan utama yaitu debit udara yang mampu disuplai, juga pertimbangan dimensi dari blower ini. Pertimbangan ini cukup penting mengingat ruang untuk meletakkan blower pada motor bakar terbatas dan juga diameter inlet dan outlet dari blower dibatasi oleh diameter dari mixer dan karburator.

Spesifikasi blower :

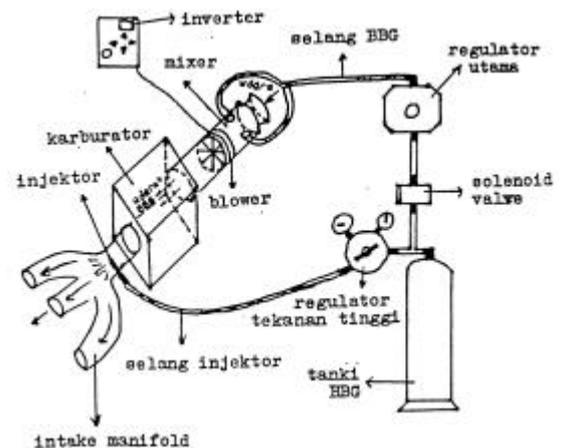
Tipe	: In-line turbo fan
	TX-260
Voltase	: 230 volt
Frekuensi	: 50/60 Hz
Daya listrik	: 150/170 watt
Kapasitas	: 8/9 m ³ /min
Tekanan yang dihasilkan	: 21/24mm/WG

5. Inverter

Pada prototipe ini dipilih inverter merk MIKI PULLEY. Dasar pemilihan inverter ini adalah bahwa inverter dengan spesifikasi ini adalah inverter yang menghasilkan daya untuk beban (blower) paling kecil.

Spesifikasi inverter :

Tipe	: V5-04-3
Input	: AC 200/230 V
Frekuensi	: 50/60 Hz
Output current	: 2,4 A



Gambar 3. Skema pemasangan blower dan sistim injeksi pada motor bakar

2.4. Motor yang diuji

Motor yang diuji sebuah motor daihatsu 3 silinder 4 langkah dengan spesifikasi sebagai berikut :

Tipe motor	: CB-23
Silinder	: 3, in-line
Diameterx langkah	: 76mm x 73mm
Perbandingan kompresi	: 9,5 : 1
Tekanan kompresi	: 12,5 kg/cm ² (pada 350 rpm)
Daya maksimum	: 38 kW pada 5600 rpm
Torsi maksimal	: 75,5 Nm pada 3200 rpm
Putaran idle	: 850 ± 50 rpm

3. Teori Dasar

3.1. Pengukuran Daya

Daya yang diukur oleh dynamometer dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$BHP = \frac{2pPRNd}{X} \quad (dk)$$

Dimana :

BHP = brake horse power (dk)
 P = gaya aksi dynamometer (Newton)
 R = panjang lengan dynamometer (m)
 Nd = putaran motor (rpm)
 X = faktor pengonversi

$$\begin{aligned} &= 33000 \left(\frac{ft.lb / det}{dk} \right) \\ &= 4500 \left(\frac{kg.m / det}{dk} \right) \\ &= 45000 \left(\frac{N.m / det}{dk} \right) \end{aligned}$$

Sedangkan tekanan efektif rata-rata (Brake Mean Effective Pressure) yang merupakan tekanan rata-rata yang bekerja pada piston selama langkah kerja dapat dihitung berdasarkan rumus :

$$bmep = \frac{0,45 N Z}{A L i Nd} \quad (kg/cm^2)$$

dimana :

N = tenaga kuda poros (dk)
 A = luas penampang torak (m²)
 L = panjang langkah torak (m)
 i = jumlah silinder
 Z = 1 untuk motor 2 langkah
 2 untuk motor 4 langkah

Hubungan antara BHP dan $bmep$ adalah sebagai berikut :

$$BHP = \frac{bmep V_{sil} Np}{X}$$

dimana :

V_{sil} = Volume pergeseran piston
 $= \frac{P}{4} D^2 L$
 Np = jumlah langkah kerja permenit
 $= i. Nd/Z$

3.2. Laju aliran udara dan bahan bakar

Laju aliran udara dan bahan bakar dapat dirumuskan:

$$Q_a = \frac{h_v \cdot N \cdot V_d}{2 \times 60} \quad (m^3 / dtk)$$

dimana :

V_d = volume langkah torak (m³)
 N = putaran motor bakar (rpm)
 η_v = efisiensi volumetris total.

3.3. Efisiensi volumetris siklus

Efisiensi Volumetris siklus dari suatu motor bakar torak:

$$h_{vs} = \frac{(1-f)}{\frac{P_0 \cdot v_d}{R \cdot T_0}}$$

dimana :

P_0 = tekanan atmosfer
 T_0 = temperatur atmosfer
 v_d = volume jenis displacement
 R = konstanta gas
 f = faktor residual gas

3.4. Efisiensi volumetris

Efisiensi volumetris dari motor bakar torak:

$$h_v = h_{vs} \times e_v$$

dimana :

e_v = efisiensi volumetris karena kecepatan piston

4. Prosedur Percobaan

4.1. Prosedur I : Motor bakar menggunakan bahan bakar bensin

Percobaan menggunakan metode pengereman konstan dan putaran berubah.

1. Motor bakar dihidupkan pada putaran idle selama beberapa saat sampai pada temperatur kerja, yaitu temperatur kerja pada air radiator (70°C).
2. Setting pengapian terbaik pada distributor dengan menggunakan timing light, dan diperoleh pengapian 10° sebelum TMA. Dimana pada sudut pengapian tersebut memberikan gaya maksimum yang terlihat pada dynamometer, sehingga akan diperoleh daya maksimum.

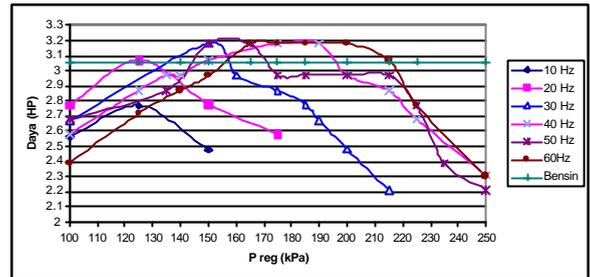
3. Membuka kran pemasukan air ke dynamometer dan dilakukan penyetelan agar tekanan air yang masuk sebesar 2,5 bar.
4. Mencatat setiap perubahan beban (N) dan putaran mesin yang terjadi.
5. Mengulangi langkah nomor 4 untuk pengereman 5 % dan 10 %.
6. Setelah pengujian selesai, posisi pengereman dikembalikan ke posisi 0 %.

4.2. Prosedur II : Motor bakar menggunakan BBG ditambah blower dan sistem injeksi

Percobaan menggunakan metode pengereman konstan dan putaran berubah.

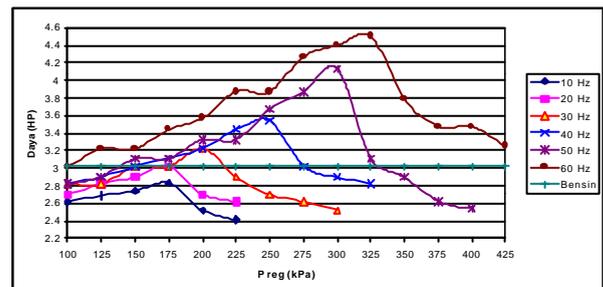
1. Motor bakar dihidupkan pada putaran idle selama beberapa saat sampai pada temperatur kerja, yakni temperatur kerja pada air radiator (70°C).
2. Setting pengapian terbaik pada distributor dengan menggunakan timing light pada posisi 20° sebelum TMA. Dimana pada sudut pengapian tersebut memberikan gaya maksimum yang terlihat pada dynamometer, sehingga akan diperoleh gaya maksimum.
3. Mengubah bahan bakar dari bensin ke bahan bakar gas jika start menggunakan bensin.
4. Membuka kran pemasukan air ke dynamometer dan dilakukan penyetelan agar tekanan air yang masuk sebesar 2,5 bar.
5. Mengaktifkan solenoid valve dan inverter. Mengatur putaran blower pada frekwensi 10 Hz dengan menggunakan inverter.
6. Mengatur tekanan regulator pada posisi 100 kPa dan mencatat beban (N) yang terjadi.
7. Mengatur tekanan regulator dengan interval $\pm 15-20$ kPa sampai putaran motor bakar menurun dan menunjukkan bahwa motor bakar kelebihan BBG, sambil mencatat perubahan beban (N) dan putaran mesin yang terjadi.
8. Mengembalikan tekanan regulator ke tekanan awal yaitu 100 kPa.
9. Menaikkan putaran blower pada frekwensi 20 Hz dengan menggunakan inverter.
10. Mengulangi langkah nomor 6 sampai nomor 8 untuk putaran blower dengan frekwensi 30 Hz, 40 Hz, 50 Hz dan 60 Hz.
11. Mengulangi langkah nomor 5 sampai nomor 10 untuk posisi pengereman 5 % dan 10 %.
12. Setelah pengujian selesai, putaran diturunkan hingga kondisi idle dan posisi pengereman dikembalikan ke posisi semula.

5. Hasil Percobaan dan Analisa



Gambar 4. Grafik Daya fungsi Tekanan regulator Pada Pengereman 0%

Dari grafik di atas terlihat bahwa perbedaan daya motor yang dihasilkan untuk tiap variasi frekuensi blower tidak terlalu jauh. Grafik untuk BBG berbentuk seperti parabola yang membuka ke bawah. Hal ini karena pada tekanan regulator yang kecil, jumlah BBG yang diinjeksikan juga kecil sehingga campuran udara dan BBG terlalu miskin. Dengan bertambahnya tekanan regulator dan frekuensi blower maka campuran udara dan BBG semakin baik sehingga daya motor meningkat sampai pada tekanan regulator sebesar 175 kPa dan frekuensi blower sebesar 60 Hz daya motor yang dihasilkan mencapai maksimum, yaitu sekitar 3,2 hp. Siring bertambahnya tekanan regulator, daya motor juga menurun karena campuran udara dan BBG terlalu kaya. Grafik untuk bensin berbentuk garis lurus horisontal dan berada pada posisi daya motor sekitar 3,06 hp.



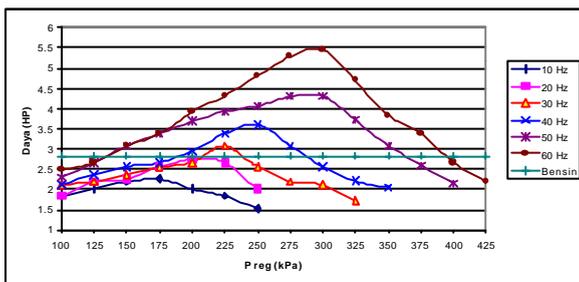
Gambar 5. Grafik Daya fungsi Tekanan regulator Pada Pengereman 5%

Dari grafik di atas terlihat bahwa perbedaan daya motor yang dihasilkan untuk tiap variasi frekuensi blower tidak terlalu jauh. Dengan bertambahnya tekanan regulator dan frekuensi blower maka campuran udara dan BBG semakin baik sehingga daya motor meningkat, Sampai pada tekanan regulator sebesar 325 kPa dan frekuensi blower sebesar 60 Hz daya motor yang dihasilkan mencapai maksimum, yaitu sekitar 4,5 hp. Grafik untuk bensin berbentuk

garis lurus horisontal dan berada pada posisi daya motor sekitar 3,02 hp.

Dari gambar 6 terlihat bahwa perbedaan daya motor yang dihasilkan untuk tiap variasi frekuensi blower tidak terlalu jauh. Dengan bertambahnya tekanan regulator dan frekuensi blower maka campuran udara dan BBG semakin baik sehingga daya motor meningkat. Sampai pada tekanan regulator sebesar 300 kPa dan frekuensi blower sebesar 60 Hz daya motor yang dihasilkan mencapai maksimum, yaitu sekitar 5,5 hp. Grafik untuk bensin berbentuk garis lurus horisontal dan berada pada posisi daya motor sekitar 2,83 hp.

Dari percobaan yang dilakukan mulai dari pengereman 0 %, 5 % dan 10 % secara umum selalu dapat diperoleh daya yang dihasilkan sistem yang menggunakan BBG ditambah blower dan sistem injeksi adalah dapat menghasilkan daya yang lebih besar dibandingkan motor bensin tersebut hanya menggunakan bahan bakar bensin premium.



Gambar 6. Grafik Daya fungsi Tekanan Regulator Pada Pengereman 10%

Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan penambahan blower udara (dan inverter) dan sistem injeksi BBG pada motor dapat meningkatkan daya motor bakar yang ber-BBG. Daya motor yang dihasilkan mampu menyamai bahkan melebihi daya motor dari motor bakar yang berbahan bakar bensin.

Agar daya motor yang dihasilkan sama maka harus ditambahkan sistem injeksi untuk menambah suplai BBG, agar ketika dilakukan akselerasi kebutuhan akan BBG dapat terpenuhi. Demikian juga untuk bukaan gas yang lebih besar, kekayaan campuran dapat diperbesar.

Usulan yang perlu dilakukan adalah melakukan pengaturan putaran blower dan tekanan regulator secara otomatis lebih baik dibuatkan peralatan kontrol yang bersifat feed back

(umpan balik) yang didasarkan pada putaran motor bakar dan pembebanan.

Motor bensin yang dijual di pasaran didesain untuk memberikan daya optimal jika menggunakan bahan bakar bensin. BBG yang memiliki angka oktan yang lebih tinggi dari bensin tidak dapat memberikan daya yang optimal pada motor bensin jika tidak dilakukan modifikasi.

Dengan penambahan sistem bahan bakar yang identik dengan sistem pada motor bensin seperti adanya sistem injeksi bahan bakar, adanya blower untuk meningkatkan tekanan kompresi serta modifikasi dari centrifugal dan vacuum advance maka daya yang dihasilkan motor yang menggunakan BBG bukan hanya dapat menyamai motor bensin, tetapi bahkan melebihinya. Demikian juga akselerasi motor berBBG secara otomatis dapat ditingkatkan dengan penggunaan sistem injeksi tersebut.

Mengingat motor bensin itu telah dirancang hanya untuk menghasilkan daya tertentu, maka dengan penambahan segala peralatan tersebut janganlah dibuat hingga motor bensin tersebut menghasilkan daya yang lebih besar dari daya yang dirancang karena akan menimbulkan hal-hal yang tidak diinginkan, entah memperpendek umur motor atau bisa merusak elemen-elemen dari motor itu sendiri, atau bahkan bisa menimbulkan ledakan sehingga mengakibatkan terlepasnya kepala silinder atau lubangnya piston.

Daftar Pustaka

1. -----, "Pemakaian Gas Alam (BBG) pada Mobil". Mobil & Motor No.11/3, 1990.
2. Arismunandar, Wiranto, "Penggerak Mula Motor Bakar Torak". Bandung. ITB, 1983.
3. Arques, P., "Moteurs Alternataifs à Combustion Interne". Masson, 1987.
4. Abreu, R., "Transscript CNG Technology applied by Mercedes-Benz". Mercedes-Benz Engineering Department DD/EEM, 1991.
5. Brun, M., "Énergétique". École Centrale de Lyon, 1986.
6. Etra, "Ecologic Transportation System".
7. Heywood, John B., "Internal Combustion Engine". Singapore : Mc Graw Hill, 1988.
8. Hidayat, S. W., "Cara Pemakaian Kendaraan Bahan Bakar Gas". Lembaga Pengabdian pada Masyarakat ITM dan Direktorat Lalu Lintas Angkutan Jalan

- Raya Direktorat Pembekalan Dalam Negeri Pertamina, P.T. Elnusa, 1989.
9. Hadihardjono, G. S., "Pengesahan Pemasangan Peralatan Konversi Bahan Bakar Gas (BBG) merek Renzo landi dan Tangki BBG merek Faber pada Kendaraan Bermotor". Direktur Jendral Perhubungan Darat, 1991.
 10. Honggowibowo, Godwin., "Perencanaan Sistem Injektor Akselerasi Untuk Bahan Bakar Gas". Surabaya : U.K. Petra, 1996.
 11. Kristanto, P., "Analisa Gas Buang Kendaraan Bermotor Roda Empat Berbahan Bakar Bensin". Dimensi Vol. 19/EM, 1993.
 12. Maleev, V. L., "Internal Combustion Engine". Singapore : Mc Graw Hill, 1985.
 13. PERTAMINA, "Pemanfaatan Bahan Bakar Gas Untuk Sektor Transportasi". Dinas Pemasaran LPG & BBG, Direktorat Pembekalan dan Pemasaran Dalam Negeri, 1995.
 14. Pramudana, Ludy, "Meningkatkan Efisiensi Motor Bakar Dengan Memperbesar Waktu Penyalaan Busi Dalam Setiap Langkah Kerja". Surabaya : U.K. Petra, 1996.
 15. Sasmojo S, Busono T., "Tinjauan Tentang Senyawa Pencampur dan Penambah untuk menaikkan Angka Oktan Bensin". Pusat Penelitian Energi ITB, Konferensi ke-9 Ikatan Ahli Teknik Otomotif (IATO), 1990.
 16. Sudrajat M.P.K., "Pengadaan dan Penyediaan Monograde Gasoline". PERTAMINA, Konferensi ke-9 Ikatan Ahli Teknik Otomotif (IATO), 1990
 17. Sanjaya, T., "Pengembangan Teknologi Pemakaian Bahan Bakar Gas (BBG) pada Kendaraan Umum. P.T. Gas Biru", 1995.
 18. Sasmito, H., "Pemasyarakatan Bahan Bakar Gas (BBG) sebagai Bahan Bakar Alternatif Kendaraan Angkutan Kota". Seminar Nasional BBG di Malang, 1995.
 19. Soetedjo, Handrianto, "Peningkatan Unjuk Kerja Motor Bensin Empat Langkah Yang Berbahan Bakar Gas Dengan Penambahan Blower Dan Sistem Injeksi". Surabaya : U.K. Petra, 1998.
 20. Tirtoatmodjo, Rahardjo, "Makalah Presentasi Hasil Penelitian Perbaikan Unjuk Kerja Mixer Dari Conversion Kit BBG". Surabaya : U.K. Petra, 1996.
 21. Tirtoatmodjo, Rahardjo, "Diktat Pesawat Kalori I". Surabaya : U.K. Petra, 1996.
 22. Tirtoatmodjo, R., "Diktat Teknik Pembakaran dan Bahan Bakar". Percetakan U.K. Petra, 1995.
 23. Tirtoatmodjo. R., Widjaja B., "Perhitungan Pegas Centrifugal Advance dan Vacuum Advance dari Daihatsu CB 41 yang menggunakan Bahan Bakar Gas", Jurusan Teknik Mesin U.K. Petra, 1998.
 24. Tirtoatmodjo, R., "Seminar Upaya Pemanfaatan BBG sebagai Bahan Bakar alternatif dan Terciptanya Langit Biru". Surabaya : U.K. Petra, 1998.
 25. Vicky, "Bahan Bakar Alternatif LPG, LING atau CN, Otomotif Mekanik No. 11", 1993.