

**PENGARUH PENGGUNAAN BAHAN BAKAR LPG TERHADAP  
EFISIENSI THERMAL, EKONOMISASI, DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR  
MOBIL TOYOTA KIJANG 5K**

**Stanislaus A. R. Alvando Lengkong**

S1 Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: [aldo.un354@gmail.com](mailto:aldo.un354@gmail.com)

**Dwi Heru Sutjahjo**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

E-mail: [dwiheru.c2h5oh@gmail.com](mailto:dwiheru.c2h5oh@gmail.com)

**Abstrak**

Perkembangan teknologi otomotif dewasa ini semakin pesat. Ini terbukti dengan munculnya varian-varian baru pada kendaraan bermotor, baik sepeda motor maupun mobil. Dengan meningkatnya populasi kendaraan bermotor akan berdampak pada peningkatan konsumsi bahan bakar minyak (BBM). Jenis penelitian ini adalah eksperimen, obyek penelitian adalah mobil Toyota Kijang tipe 5K 1500 cc, bahan bakar yang digunakan adalah premium dan LPG. Dengan menggunakan putaran mesin 800 rpm (*idle*) kemudian 1000 rpm-5000 rpm dengan *range* 500 rpm. Penelitian ini menggunakan metode pengujian rpm berubah pada beban penuh (*Full Open Throttle Valve*) dengan posisi transmisi *top gear* yang berpedoman pada *standart SAE J 1349 DEC 80*. Teknik analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif yaitu mendeskripsikan data *numeric* yang diperoleh, kemudian dijelaskan dalam bentuk kalimat sederhana yang mudah dipahami. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar LPG pada mobil Toyota Kijang 5K 1500 cc torsi, daya, serta konsumsi bahan bakar yang dihasilkan mengalami penurunan. Penurunan torsi tertinggi sebesar 92,37% pada putaran 800 rpm (*idle*) dan penurunan terendah 19,71% pada putaran 3500 rpm dengan menggunakan bahan bakar LPG, sedangkan untuk daya mengalami peningkatan dan penurunan pula. Daya mengalami peningkatan pada putaran 3500 rpm sebesar 20,00%, sedangkan penurunan terendah pada putaran 800 rpm (*idle*) sebesar 80,53%. Sedangkan untuk konsumsi bahan bakar mengalami peningkatan pada putaran 5000 rpm sebesar 0,55%, dan penurunan konsumsi bahan bakar terendah terjadi pada putaran 800 rpm sebesar 0,00%.

**Kata kunci:** *Efisiensi thermal, ekonomisasi, konsumsi bahan bakar, LPG, converter kit, mobil 4 langkah.*

**Abstract**

The development of automotive technology is of increasing rapidly. This is evidenced by the emergence of new variants in motor vehicles, both motorcycles and cars. With the growing population of motor vehicles, motor vehicle use will result in increased consumption of fuel oil (BBM). This type of research is experimental, research object is the type of Toyota Kijang 5K 1500 cc, fuel used is premium and LPG. By using the engine speed 800 rpm (*idle*) and 1000 rpm-5000 rpm to 500 rpm range. This research uses the methods of testing at full load rpm change (*Full Open Throttle Valve*) with top transmission gear position based on the standard SAE J 1349 DEC 80. The analysis technique used is descriptive analysis to describe numeric data obtained, and described in a simple sentence easily understood. Based on the results of this study concluded that the use of LPG fuel in a Toyota Kijang 5K 1500 cc torque, power, fuel consumption and the resulting decline. Decrease the torque peak of 92.37% in round 800 rpm (*idle*) and a decrease in 19.71% bottommost round 3500 rpm using LPG fuel, while power has increased and decreased as well. Power has increased to 3500 rpm rev 20.00%, while the lowest decrease in rotation 800 rpm (*idle*) of 80.53%. As for the fuel consumption has increased in rotation 5000 rpm of 0.55%, and the lowest fuel consumption reduction occurred on lap 800 rpm (*idle*) of 0.00%.

**Keywords:** Thermal efficiency, economizing, fuel consumption, LPG, converter kit, 4 Stroke Motor.

**PENDAHULUAN**

Kebutuhan terhadap BBM sangat besar di Indonesia, karena dikonsumsi oleh masyarakat untuk kebutuhan rumah tangga sampai industri diantaranya adalah minyak tanah, minyak solar, dan bensin. Pada saat ini sektor transportasi di Indonesia terus mengalami peningkatan. Peningkatan jumlah kendaraan yang tidak diimbangi dengan peningkatan sarana dan prasarana jalan akan menimbulkan kemacetan yang dapat menyebabkan

pemborosan bahan bakar dan polusi udara meningkat. Dengan kebutuhan bahan bakar minyak yang sangat meningkat, maka diperlukan pencarian ladang minyak dan pemikiran-pemikiran eksplorasi yang baru. Karena cadangan minyak di Indonesia diperkirakan hanya akan cukup untuk memenuhi kebutuhan konsumsi selama 23 tahun mendatang. Perkembangan teknologi otomotif dewasa ini semakin pesat. Ini terbukti dengan munculnya varian-varian baru pada kendaraan bermotor, baik sepeda motor maupun mobil. Dengan meningkatnya populasi

kendaraan bermotor akan berdampak pada peningkatan konsumsi bahan bakar minyak (BBM). Meningkatnya konsumsi BBM yang dibutuhkan pada proses pembakaran mesin tentu akan berdampak pada peningkatan kadar emisi gas buang dan performa mesin, serta efisiensi, ekonomisasi dan konsumsi bahan bakar yang dihasilkan. Seperti diketahui bahwa emisi gas buang pada kendaraan bermotor sangat berbahaya bagi manusia, hewan, tumbuhan, dan lingkungan. Kendaraan bermotor yang menggunakan bahan bakar bensin dan solar akan menghasilkan emisi gas buang seperti karbon monoksida(CO), hidrokarbon(HC), nitrogen oksida(NOx), sulfur oksida(SOx), timbal(Pb) dan partikulat.

Dengan begitu besarnya dampak negatif dari emisi gas buang kendaraan bermotor tersebut diatas, maka prioritas utama yang perlu dilakukan adalah menggunakan bahan bakar baru yang lebih ramah lingkungan. Salah satunya adalah jenis kendaraan menggunakan bahan bakar gas (BBG).

Kendaraan menggunakan BBG adalah kendaraan yang mempunyai emisi gas buang paling rendah. Kendaraan ini bisa menyaingi kendaraan jenis bensin dari segi ramah lingkungan dibanding kendaraan yang menggunakan BBG. Kendaraan BBG dirancang khusus untuk memenuhi salah satu tuntutan teknologi otomotif, yaitu rendah emisi gas buang. Sebagai contoh dibandingkan bensin, BBG lebih ramah lingkungan, lebih bersih dan diperoleh dari bahan yang lebih alamiah. Akan tetapi kelebihan yang disebutkan diatas tidak serta merta menjadikan BBG dipakai pada kendaraan pribadi, karena disamping varian yang ditawarkan terbatas, stasiun pengisian khusus BBG juga belum begitu memasyarakat di Indonesia.

BBG merupakan gas alam dengan komponen utamanya adalah 90 persennya terdiri dari metana, BBG ini diharapkan mampu menggantikan BBM. Nilai oktan BBG lebih tinggi jika dibandingkan dengan *gasoline*, yaitu 110. Dengan tingginya nilai oktan tersebut maka pada rasio kompresi tinggi tidak akan terjadi *knocking* pada motor, dan pembakaran menjadi lebih sempurna.

Selain itu agar tidak terjadi keterlambatan dalam suplai bahan bakar ke ruang bakar, maka perlu sistem pengatur masuknya volume bahan bakar ke dalam silinder. *Mixer* yang dipasang didepan *throttle* mampu mengatur masuknya bahan bakar dan udara secara akurat ke mesin sehingga pembakaran dalam mesin lebih efisien tanpa harus kehilangan kinerja dari mesin yang dihasilkan.

Mengingat BBG tersebut akan digunakan pada kendaraan bermotor, maka perlu menggunakan perangkat tambahan yang disebut *converter kit*. *Converter Kit* adalah peralatan yang berfungsi untuk mengkonversi bahan bakar premium ke BBG atau LPG (*Liquefied Petroleum Gas*). Penggunaan *converter kit* didasarkan pada tiga pilihan, yaitu: (1) hanya bekerja dengan gas saja, (2) dapat bekerja dengan gas saja atau *gasoline* saja (*dual fuel*), dan (3) dapat bekerja dengan dua bahan bakar sekaligus.

Banyak sumber yang sedang diteliti sebagai bahan bakar alternatif, salah satunya adalah bahan bakar gas

berupa LPG yang merupakan gas bumi dengan cadangan cukup besar di Indonesia. Sehingga konversi penggunaan bahan bakar gas ini, menjadi agenda nasional dalam mengatasi krisis energi yang terjadi di Indonesia.

Salah satu langkah nyata untuk meningkatkan penggunaan bahan bakar gas adalah dengan pengembangan teknologi mesin konversi energi, misalnya melalui kajian modifikasi suatu mesin. Dalam pengoptimalan sumber daya potensial, penggunaan energi bahan bakar gas LPG pada motor bakar khususnya kendaraan roda empat yang masih menggunakan sistem karburasi dirasa masih kurang. Umumnya kendaraan roda empat yang menggunakan sistem karburasi masih banyak memakai BBM, yakni menggunakan bahan bakar bensin. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian mengenai kendaraan roda empat yang berbahan bakar bensin untuk dimodifikasi menggunakan bahan bakar LPG.

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian pada nilai-nilai efisiensi *thermal*, ekonomisasi, serta konsumsi bahan bakar antara menggunakan premium dengan LPG, serta melakukan pengembangan dalam hal mekanisme pemasukan dan pencampuran antara udara dan LPG dengan penambahan *converter kit*.

Melihat luasnya permasalahan yang menyebabkan polusi udara di dunia maka identifikasi masalah yang muncul yaitu: efisiensi *thermal* bahan bakar premium dan LPG, ekonomisasi penggunaan bahan bakar premium dan LPG, konsumsi bahan bakar antara bahan bakar premium dan LPG. Berdasarkan identifikasi diatas batasan yang muncul dalam penelitian ini yaitu: Pengujian dilakukan pada mobil Toyota Kijang 5K dengan volume silinder 1500 CC menggunakan karburator sebagai penyalur bahan bakar udara dan *converter kit* sebagai alat pencampuran bahan bakar gas dan udara, bahan bakar premium yang digunakan adalah bensin yang diproduksi Pertamina dan kadar bensin premium diasumsikan murni (tidak memperhatikan seberapa besar campuran/aditif didalamnya), bahan bakar gas yang digunakan adalah gas LPG yang diproduksi Pertamina, kondisi temperatur udara sekitar dianggap ideal, tidak melakukan analisa pelumasan, tidak membahas reaksi kimia pada penggunaan bahan bakar bensin dan gas.

Penelitian ini melakukan perhitungan efisiensi *thermal* yang terjadi apabila mobil empat langkah antara menggunakan bahan bakar premium dengan LPG, perbandingan tingkat ekonomi menggunakan bahan bakar premium dibanding dengan LPG, konsumsi bahan bakar yang terjadi pada mobil empat langkah antara menggunakan bahan bakar premium dibanding LPG.

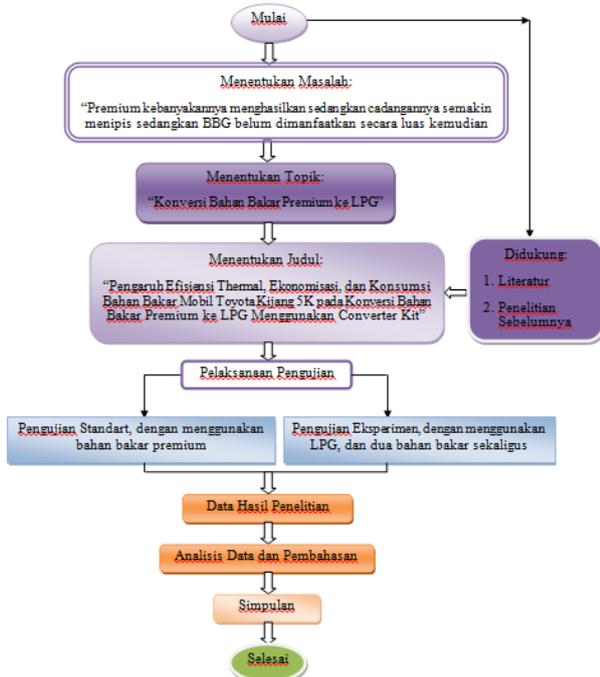
Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah Untuk mengetahui efisiensi *thermal* yang terjadi saat menggunakan LPG dengan premium Mobil Toyota Kijang 5K dengan volume silinder 1500 cc, untuk mengetahui tingkat ekonomi menggunakan LPG dengan premium Mobil Toyota Kijang 5K dengan volume silinder 1500 cc, untuk mengetahui seberapa besar jumlah konsumsi bahan bakar menggunakan LPG dan premium Mobil Toyota Kijang 5K dengan volume silinder 1500 cc.

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi pemikiran bagi ilmu pengetahuan serta dapat

memberi informasi kepada masyarakat tentang kelayakan penggunaan bahan bakar gas LPG dibandingkan menggunakan bahan bakar bensin pada kendaraan ditinjau dari parameter efisiensi *thermal*, ekonomisasi, dan konsumsi bahan bakar.

**METODE**

**Rancangan Penelitian**

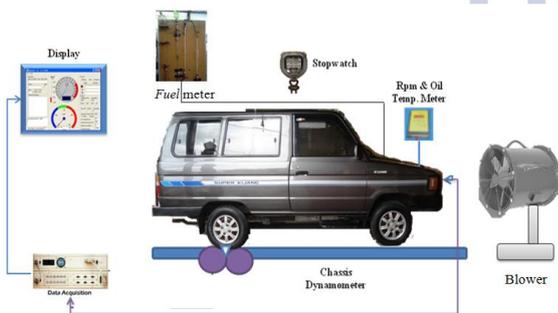


Gambar 1. Rancangan Penelitian

**Objek Penelitian**

Objek penelitian ini adalah mobil Toyota Kijang Tipe 5K 1500 cc dengan menggunakan bahan bakar LPG dan penambahan converter kit sebagai sebagai konversi bahan bakar premium ke LPG.

**Instrument Penelitian**



Gambar 2. Instrument Penelitian

**Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan pada penelitian ini menggunakan teknik eksperimen, yaitu mengukur atau menguji obyek yang diteliti dan mencatat data-data yang diperlukan. Data-data yang diperlukan tersebut adalah torsi yang dihasilkan mesin, rpm, waktu yang dibutuhkan mesin untuk menghabiskan bensin sebanyak 100 gr (untuk

bahan bakar standar), maupun dalam kondisi mesin yang menggunakan bahan bakar LPG.

**Teknis Analisis Data**

Data yang telah terkumpul dimasukkan ke dalam tabel, dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Data hasil penelitian tersebut dibandingkan antara kelompok standar dan kelompok eksperimen. Analisa data menggunakan metode statistik deskriptif. Statistik deskriptif adalah fase statistik dimana hanya berusaha melukiskan dan menganalisis kelompok yang diberikan tanpa membuat atau menarik kesimpulan tentang populasi atau kelompok yang lebih besar (Sudjana, 2005:7). Hal ini dilaksanakan untuk memberikan gambaran terhadap fenomena yang terjadi setelah diadakan penelitian.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

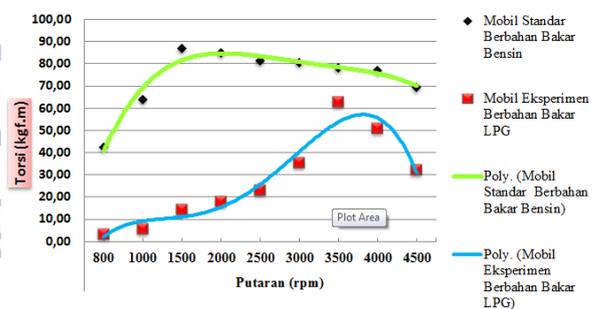
**Data Hasil Penelitian**

Setelah pengujian dilakukan data yang telah didapat dianalisis. Adapun data tersebut meliputi torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Torsi Kelompok Standar dan Kelompok Eksperimen

Putaran (rpm)	Torsi (T)		Persentase Perubahan Torsi (%)
	Kelompok Standar (kgf.m)	Kelompok Eksperimen (kgf.m)	
	Mobil Berbahan Bakar Bensin	Mobil Berbahan Bakar LPG	Mobil Berbahan Bakar LPG
800	42,51	3,24	-92,37
1000	63,91	5,50	-91,39
1500	87,05	14,32	-83,54
2000	84,85	17,63	-79,22
2500	81,54	23,14	-71,62
3000	80,44	35,26	-56,16
3500	78,23	62,81	-19,71
4000	77,13	50,69	-19,99
4500	69,42	31,95	-53,97
5000	60,60	4,40	-92,73

Grafik Putaran Mesin vs Torsi



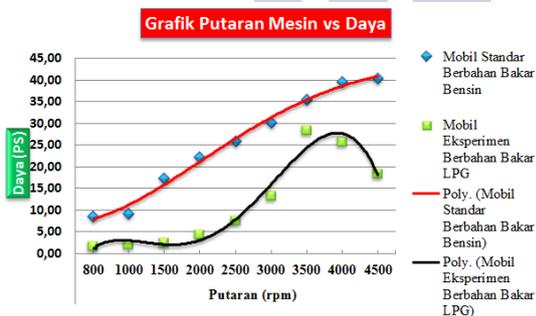
Gambar 3. Grafik hubungan antara putaran mesin terhadap torsi

Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar LPG torsi yang dihasilkan mengalami penurunan. Hal ini disebabkan karena menurunnya torsi pada kelompok eksperimen mobil berbahan bakar LPG disebabkan karena kerapatan energi per satuan volume yang dimiliki gas LPG lebih rendah dibanding dengan bensin. Sehingga energi hasil pembakaran yang dihasilkan turun. Selain itu, LPG

memiliki rantai karbon lebih pendek dibanding dengan bensin. Pada LPG yang diaplikasikan pada motor bakar penyalaan menggunakan busi, diperlukan pemajuan waktu pengapian (*advance*), sedangkan pada penelitian ini menggunakan *timing* pengapian bensin, sehingga tekanan puncak pembakaran maksimal mengalami penurunan.

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Daya Kelompok Standar dan Kelompok Eksperimen

Putaran (rpm)	Daya (P)		Persentase Perubahan Daya (%)
	Kelompok Standar (PS)	Kelompok Eksperimen (PS)	
	Mobil Berbahan Bakar Bensin	Mobil Berbahan Bakar LPG	
800	8,63	1,68	-80,53
1000	9,12	2,12	-76,75
1500	17,23	2,54	-85,25
2000	22,30	4,30	-80,71
2500	25,85	7,50	-70,98
3000	30,21	13,18	-56,37
3500	35,49	28,39	-20,00
4000	39,54	25,65	-35,12
4500	40,35	18,25	-54,77
5000	37,51	3,04	-91,89

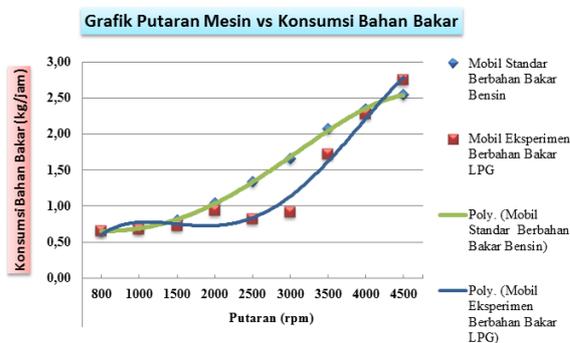


Gambar 4. Grafik hubungan antara putaran mesin terhadap daya

Dari hasil penelitian pada putaran rendah (800-2000 rpm), daya yang dihasilkan dengan penggunaan bahan bakar LPG, terlihat mengalami penurunan jika dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar premium. Hal ini disebabkan karena LPG memiliki rantai hidrokarbon (C-H) yang lebih pendek dibanding premium, sehingga energi total dan tekanan puncak pembakaran yang dihasilkan dari proses pembakaran LPG tidak sebanyak yang dihasilkan pada proses pembakaran premium. Penyebab lain terjadinya penurunan performa mesin dalam hal ini daya, dikarenakan penurunan efisiensi volumetrik yang disebabkan penggunaan jenis bahan bakar (dalam hal ini bahan bakar gas).

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Kelompok Standar dan Kelompok Eksperimen

Putaran (rpm)	Konsumsi Bahan Bakar (fc)		Persentase Perubahan Konsumsi Bahan Bakar (%)
	Kelompok Standar (kg/jam)	Kelompok Eksperimen (kg/jam)	
	Mobil Berbahan Bakar Bensin	Mobil Berbahan Bakar LPG	
800	0,65	0,65	0,00
1000	0,70	0,67	-4,29
1500	0,80	0,72	-10,00
2000	1,04	0,94	-9,62
2500	1,34	0,82	-38,81
3000	1,66	0,91	-45,18
3500	2,07	1,72	-16,91
4000	2,34	2,27	-2,99
4500	2,54	2,75	8,27
5000	2,87	4,46	55,40



Gambar 5. Grafik hubungan antara putaran mesin terhadap konsumsi bahan bakar

Penurunan konsumsi bahan bakar pada penggunaan bahan bakar LPG, karena bahan bakar LPG yang bercampur dengan udara dalam fasa gas sehingga terjadi penurunan efisiensi volumetrik pada putaran *idle*. Sedangkan pada putaran tinggi terjadi peningkatan konsumsi bahan bakar karena untuk mendapatkan performa maksimal membutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih besar. Dari hasil penelitian konsumsi bahan bakar yang paling rendah dihasilkan dari penggunaan bahan bakar LPG yaitu sebesar 0,65 kg/jam pada putaran 800 rpm (*idle*).

## PENUTUP

### Simpulan

Dari serangkain penelitian, perhitungan, dan analisis data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan bahan bakar LPG berpengaruh terhadap performa mesin mobil Toyota Kijang 5K 1500 cc.

- Penggunaan bahan bakar LPG pada mobil Toyota Kijang 5K 1500 cc mengalami penurunan torsi (*torque*), dan daya (*power*). Menurunnya torsi tertinggi sebesar 19,71% didapatkan pada putaran 3500 rpm dengan menggunakan bahan bakar LPG. Peningkatan daya tertinggi sebesar 20,00% didapatkan pada putaran 3500 rpm dengan menggunakan bahan bakar LPG.
- Untuk tingkat ekonomi mobil Toyota Kijang 5K 1500 cc pada penggunaan bahan bakar LPG mengalami penurunan, jika ditinjau dari konsumsi bahan bakar (*fc*). Dari data konsumsi bahan bakar LPG terlihat mengalami penurunan dibandingkan bahan bakar bensin. Melihat dari segi harga 1kg bensin sebesar

Rp. 5600,- sedangkan untuk 1kg LPG sebesar Rp. 4600,-.

- Sedangkan konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*) mengalami penurunan yang signifikan. Penurunan konsumsi bahan bakar tertinggi sebesar 0,14% didapatkan pada putaran 3500 rpm dengan menggunakan bahan bakar LPG.

### Saran

Dari serangkaian pengujian, perhitungan, dan analisis data yang telah dilakukan, dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

- Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar LPG mengalami penurunan performa mesin dibandingkan bahan bakar bensin. Oleh karena itu, perlu dilakukan uji kelayakan jalan (*test drive*) pada mobil Toyota Kijang 5K 1500 cc.
- Perlu dilakukan penelitian lanjutan yaitu dengan variasi waktu pengapian (*ignition timing*).
- Untuk penelitian lanjutan perlu diperhatikan aspek keselamatan kerja, mengingat LPG merupakan bahan bakar gas yang bersifat mudah terbakar.
- Perlu dilakukan rancang bangun penempatan tabung gas LPG.
- Untuk penelitian lanjutan sebaiknya parameter yang diukur adalah dua bahan bakar sekaligus untuk mengantisipasi penurunan performa mesin yang signifikan.
- Untuk penelitian lanjutan perlu dirancang pemasangan gas LPG dilakukan secara otomatis menggunakan solenoid valve untuk mengatasi keterlambatan suplai gas LPG ke karburator pada setiap putaran mesin (rpm).
- Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan bahan bakar baik premium maupun LPG menggunakan bahan bakar yang non subsidi.

### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. Kondisi Perminyakan di Indonesia. (Online), <http://www.tempointeraktif.html>, diakses 24 Februari 2012.
- Anonim. Bahan bakar padat. (Online), <http://id.Wikipedia/Bahanbakarpadat>, diakses 24 Februari 2012.
- Anonim. Bahan bakar cair. (Online), <http://id.wikipedia.Bahanbakarcair>, diakses 24 Februari 2012.
- Anonim. Bahan bakar gas. (Online), <http://id.wikipedia.Bahanbakargas>, diakses 24 Februari 2012.
- Anonim. Bahan bakar fosil, (Online) <http://id.wikipedia.org/wiki/Bahanbakarfosil>, diakses 24 Februari 2012.
- Anonim. Dampak yang ditimbulkan penggunaan bahan bakar fosil. (Online), <http://wikipedia.ivan-aries.blogspot.com>, diakses 24 Februari 2012.

Anonim. Biofuel, (Online), <http://wikipedia.com>, diakses 25 Februari 2012.

Anonim. Bahan bakar gas, (Online), [www.Jenis-jenisbahanbakar.com](http://www.Jenis-jenisbahanbakar.com), diakses 13 Maret 2012.

Anonim. Spesifikasi bahan bakar LPG. (Online), <http://liquifiedpetroleumgas.html>, diakses 13 Maret 2012.

Anonim. CNG, (Online), [www.PTcahayatimur.com](http://www.PTcahayatimur.com), diakses 13 Maret 2012.

Anonim. Instalasi bahan bakar LPG. (Online), <http://auto.howstuffworks.com/> diakses 08 Mei 2012.

Anonim. Badan Standart Nasional. 2008. SNI 7369:2008 "Regulator Tekanan Rendah untuk Tabung Baja LPG". Jakarta: Badan Standart Nasional. (Online) <http://pustan.bpkimi.kemenperin.go.id/files/SNI%207369-2008.pdf> diakses 14 Maret 2012.

Anonim. Burhanuddin S, Tulus. 2002. *Tinjauan Pengembangan Bahan Bakar Gas Sebagai Bahan Bakar Alternatif*. Sumatra Utara: Jurnal Teknik Mesin FT USU. (Online) <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/1475/1/mesin-tulus2.pdf> diakses 26 februari 2012.

Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta. Rineka Cipta.

Arismunandar, Wiranto. 2005. *Motor Bakar Torak (edisi kelima)*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Efendi Merzon. 2011. *Rancang Bangun Sistem Bahan Bakar Dual Fuel (premium & BBG) pada Mobil Daihatsu Zebra 1.0 untuk Mereduksi Emisi Gas Buang*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

Hardjono. A. (2001). *Teknologi Minyak Bumi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Narbuko, C dan Achmadi, H A. 2005. *Metodologi Penelitian*. Jakarta: PT. Bumi Aksara.

Sudjana. 2005. *Metode Statistika*. Edisi 6. Bandung: Tarsito.

TIM. 2010. *Panduan Penulisan Skripsi Program S1*. Surabaya: Jurusan Pendidikan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Surabaya.

Toyota Astra Motor. 2010. *Training Manual New Step 2*. Jakarta: PT Toyota Astra Motor.

Warju. 2009. *Pengujian Performa Mesin Kendaraan Bermotor*. Edisi Pertama. Surabaya: Unesa University Press.