

THE ANALYSIS OF IGNITION TIMING ON THE ENGINE PERFORMANCE OF MATIC MOTORCYCLE USING LPG

ANALISIS IGNITION TIMING TERHADAP PERFORMANCE MESIN PADA MOTOR MATIC DENGAN MENGGUNAKAN BAHAN BAKAR GAS

Vontas Alfenny Nahan¹⁾, Sogi Hermanto²⁾

^{1), 2)} Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Palangka Raya
Kampus Unpar Tunjung Nyaho Jl. H. Timang, 73111A

e-mail: v_nahan@yahoo.com

ABSTRACT

Indonesia's crude oil production has been declining in recent years resulting in Government of Indonesia (Gol) to import more. This import gave more pressure to the financial problem Gol faced as the fuel price, especially premium, has been subsidized which reduced the Gol capability to support other sector of developments. This is actually the background of this research which is to support the policy of the Gol to encourage the use of alternative fuels, one of those is Liquefied Petroleum Gas (LPG). The method used in this research is a true experiment method to analyze the performance of the matic motorcycle engine by comparing fuel that is consumed between 5° and 10° angle of crankshaft for ignition timing on petrol and LPG with various rpm ranged from 2000 to 6000 rpm). The result shows that LPG consumption at 10°- angle is lower than that of 5°. Ignition time at 10°- angle for LPG is also more optimal than that of 5°. It is concluded also that at the rpm 6000 is the most effective for engine to run at 10°- angle for LPG.

Keywords: ignition timing, LPG, matic motor, engine performance

ABSTRAK

Produksi minyak mentah Indonesia beberapa tahun terakhir ini telah menurun yang menyebabkan Pemerintah Indonesia mengimpor minyak lebih banyak lagi. Impor minyak ini memberikan tekanan tambahan pada masalah keuangan yang dihadapi Pemerintah Indonesia karena harga bahan bakar, khususnya premium, telah disubsidi yang mana hal tersebut mengurangi kemampuan Pemerintah untuk mendukung pengembangan sector-sector lain. Hal inilah yang menjadi latar belakang penelitian ini yaitu untuk mendukung kebijakan Pemerintah untuk menggunakan energy alternatif, salah satunya adalah LPG. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen nyata untuk menganalisis performa sepeda motor matic dengan cara membandingkan bahan bakar yang dikonsumsi saat penyalaan antara sudut putaran poros engkol 5° and 10° untuk bensin dan LPG dengan bermacam-macam rpm mulai 2000 sampai dengan 6000. Hasil percobaan menunjukkan bahwa konsumsi LPG pada sudut putaran 10° adalah lebih rendah dari yang 5°. Waktu penyalaan pada sudut 10° untuk LPG juga lebih optimal daripada yang 5°. Disimpulkan juga bahwa pada rpm 6000 adalah yang paling efektif untuk mesin yang beroperasi pada 10° untuk LPG.

Kata kunci: waktu penyalaan, LPG, motor matic, performa mesin

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Motor bakar merupakan suatu penggerak mula, yaitu mesin yang menggunakan energi panas untuk melakukan kerja mekanik. Motor bakar torak memergunakan beberapa selinder yang di dalamnya terdapat torak yang dapat bergerak bolak balik. Di dalam silinder ini terjadi pembakaran antara bahan bakar dan udara. Gas yang dibakar di ruang bakar diharap mampu menggerakkan torak yang dihubungkan dengan poros engkol sehingga dapat melakukan kerja mekanik.

Dalam penggunaan yang semakin berkembang, berbagai usaha telah ditempuh untuk meningkatkan kinerja dari motor bakar, terutama menyangkut daya

mesin. Daya yang dihasilkan oleh suatu motor bakar tergantung dari pembakaran campuran bahan bakar dan udara. Ini berarti semakin baik kualitas dari suatu bahan bakar, maka unjuk kerja yang dihasilkan akan semakin baik pula (Boentarto, 1992).

Dewasa ini industri kendaraan bermotor telah berkembang pesat. Sebagian besar dari kendaraan bermotor tersebut menggunakan bahan bakar minyak sebagai sumber energi penggerak. Akibat penggunaan bahan bakar minyak yang cukup besar ini persediaan minyak bumi semakin menipis. Perlu dikembangkan diversifikasi bahan bakar selain bahan bakar minyak, salah satunya bahan bakar gas yang merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan.

Bahan bakar gas adalah gas bumi yang mempunyai cadangan cukup besar di Indonesia dan banyak ditemukan di semua tempat pengeboran minyak baik di daratan maupun di lepas pantai. Dengan adanya pemanfaatan bahan bakar gas diharapkan masalah kebutuhan energi serta pencemaran lingkungan dapat teratasi.

Bahan bakar gas sebagai alternatif pengganti premium komponennya didominasi oleh propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}). BBG juga mengandung hidrokarbon ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya etana (C_2H_6) dan pentana (C_5H_{12}).

Yang menjadi masalah di sini yaitu karakteristik antara bahan bakar bensin dan bahan bakar gas tidak sama. BBG mempunyai nilai oktan yang lebih tinggi dibanding dengan BBM yaitu 120-130. Dengan tingginya angka oktan tersebut maka pada ratio kompresi yang lebih tinggi tidak akan terjadi *knocking*. Titik nyala dari BBG adalah $650^\circ C$ sehingga kecepatan pembakaran BBG dibanding bensin menjadi lambat.

Motor bakar dengan bahan bakar gas mempunyai karakteristik yang berbeda dalam hal proses pembakaran yang disebabkan oleh perbedaan nilai AFR relative (λ) dari bahan bakar tersebut, yaitu perambatan nyala antara bahan bakar bensin dan gas dapat dibandingkan dengan melihat kondisi AFR relatifnya (λ). Perambatan nyala gas akan lebih cepat dari pada bensin apabila kondisi $\lambda > 1$ atau campuran miskin. Tetapi apabila $\lambda < 1$ atau campuran bahan bakar kaya maka perambatan nyala dari bensin lebih cepat dari gas (*KSME International Journal, Vol 16 No. 7, pp. 935~ 941, 2002*).

Mengingat BBG sudah berada dalam fase gas maka dengan mudah dapat bercampur dengan udara dalam ruang bakar dan dapat memberikan pembakaran yang lebih sempurna dibandingkan bahan bakar minyak (BBM).

BBG mempunyai nilai oktan yang lebih tinggi dibanding dengan BBM yaitu 120-130. Dengan tingginya angka oktan tersebut maka pada ratio kompresi yang lebih tinggi tidak akan terjadi *knocking*. Titik nyala dari BBG adalah $650^\circ C$ sehingga kecepatan pembakaran BBG dibanding bensin menjadi lambat.

Dikarenakan motor matic merupakan motor dengan penjualan terbanyak maka peneliti mencoba untuk menganalisa bagaimana waktu penyalaan (*Ignition Timing*) sangat menentukan performance mesin.

2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, untuk menghasilkan performa maksimal peneliti akan melakukan pengamatan untuk mengetahui hal-hal sebagai berikut:

- Berapa besar pengaruh pengaturan sudut pengapian pada konsumsi bahan bakar gas pada motor *matic*.

- Berapa besar pengaruh pengaturan kecepatan putaran mesin pada konsumsi bahan bakar gas pada motor *matic*.

3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental nyata (*True Experiment Research*) di mana peneliti ingin mengetahui saat penyalaan (*ignition timing*) pada motor matic dengan menggunakan bahan bakar gas.

Tujuan khusus penelitian ini adalah:

1. Melakukan pengujian secara eksperimental dengan alat *converter gas*.
2. Untuk mendapatkan waktu penyalaan untuk motor matic.
3. Untuk mengetahui pengaruh bahan bakar gas terhadap *performance motor matic*.

4. Tinjauan Pustaka

Motor bakar adalah suatu mesin yang mengkonversi energi dari energi kimia yang terkandung pada bahan bakar menjadi energi mekanik pada poros motor bakar.

Asal mula tenaga yang timbul pada motor bakar adalah pembakaran di dalam ruang bakar. Akibatnya menimbulkan panas, sehingga gas panas dari pembakaran tersebut mengembang (ekspansi), karena pembakaran terjadi di ruang yang sempit (terisolasi) dan berbatasan dengan benda-benda statis, kecuali torak, sehingga torak akan terdorong dengan kuat oleh gas yang terbakar di dalam ruang bakar, sehingga menimbulkan tenaga atau kerja mekanik.

Motor bensin yang menggerakkan kendaraan bermotor seperti mobil atau sepeda motor, dewasa ini merupakan perkembangan teknologi mesin motor yang semula dikenal sebagai *motor otto*. Motor tersebut dilengkapi dengan busi dan karburator. Busi menghasilkan loncatan api listrik yang menyalakan pembakaran campuran bahan bakar dan udara, karena itu motor bensin disebut juga *Spark Ignition Engine*. Karburator adalah tempat pencampuran bahan bakar dengan udara. Pencampuran tersebut terjadi karena bahan bakar terhisap masuk atau disemprotkan ke dalam arus udara segar yang masuk ke dalam karburator. Campuran bahan bakar dan udara segar yang terjadi itu sangat mudah terbakar.

Campuran tersebut kemudian masuk kedalam silinder yang dinyalakan oleh loncatan api listrik dari busi, menjelang akhir langkah kompresi. Pembakaran bahan bakar ini menyebabkan mesin menghasilkan daya. (*Wiranto Arismunandar; 1977;9*)

Kemampuan mesin motor bakar untuk merubah energi yang masuk yaitu bahan bakar sehingga menghasilkan daya berguna disebut kemampuan mesin atau prestasi mesin. Pada gambar 1 adalah penggambaran proses perubahan energi bahan bakar.

Motor Bensin

Motor bensin menggunakan bahan bakar bensin, parafin atau gas, bahan bakar yang mudah terbakar dan mudah menguap. Campuran bahan bakar dan udara masuk ke dalam silinder dan dikompresikan oleh torak dengan tekanan sekitar $8-15 \text{ kg/cm}^2$.

Bahan bakar dinyalakan loncatan api listrik dari busi dan terbakar cepat di dalam ruang kompresi tersebut. Kecepatan pembakaran melalui campuran bahan bakar udara biasanya antara 10 sampai 25 m/s. Suhu udara naik hingga 2000 sampai 2500 °C dan tekanannya mencapai 30 sampai 40 kg/cm^2 .

Sebelum membahas klasifikasi motor bakar, kami membatasi permasalahan bahwa yang dimaksudkan motor bakar di sini adalah motor bakar torak yang bekerja dengan menggunakan siklus daya Otto yaitu *Motor empat langkah*. Maksud dari mesin empat langkah adalah empat langkah torak (*piston*) dan dua putaran poros engkol (*crank shaft*) yang diperlukan untuk menyelesaikan satu siklus. Keempat langkah tersebut adalah: pengisian (*intake*), kompresi, usaha (*power*), dan pembuangan. (Wiranto Arismunandar; 1977; 9)

Siklus 4 Langkah dan 2 Langkah

A. Siklus 4 langkah

Motor bakar bekerja melalui mekanisme langkah yang terjadi berulang-ulang atau periodik sehingga menghasilkan putaran pada poros engkol. Sebelum terjadi proses pembakaran di dalam silinder, campuran udara dan bahan-bakar harus dihisap dulu dengan langkah hisap

[1]. Pada langkah ini, piston bergerak dari TMA menuju TMB, katup isap terbuka sedangkan katup buang masih tertutup. Setelah campuran bahan-bakar udara masuk ke silinder kemudian dikompresi dengan langkah kompresi [2], yaitu piston bergerak dari TMB menuju TMA, kedua katup isap dan buang tertutup. Karena dikompresi volume campuran menjadi kecil dengan tekanan dan temperatur naik, dalam kondisi tersebut campuran bahan-bakar udara sangat mudah terbakar. Sebelum piston sampai TMA campuran dinyalakan terjadilah proses pembakaran menjadikan tekanan dan temperatur naik, sementara piston masih naik terus sampai TMA sehingga tekanan dan temperatur semakin tinggi. Setelah sampai TMA kemudian torak didorong menuju TMB dengan tekanan yang tinggi, katup isap dan buang masih tertutup. Selama piston bergerak menuju dari TMA ke TMB yang merupakan langkah kerja [3] atau langkah ekspansi. Volume gas pembakaran bertambah besar dan tekanan menjadi turun. Sebelum piston mencapai TMB katup buang dibuka, katup masuk masih tertutup. Kemudian piston bergerak lagi menuju ke TMA mendesak gas pembakaran keluar melalui katup buang. Proses pengeluaran gas pembakaran disebut dengan langkah buang [4]. Setelah langkah buang selesai siklus dimulai

lagi dari langkah isap dan seterusnya. Piston bergerak dari TMA-TMB-TMA-TMB-TMA membentuk satu siklus. Ada satu langkah tenaga dengan dua putaran poros engkol. Motor bakar yang bekerja dengan siklus lengkap tersebut diklasifikasikan masuk golongan motor 4 langkah.

B. Siklus 2 langkah

Langkah pertama setelah terjadi pembakaran piston bergerak dari TMA menuju TMB melakukan ekspansi, lubang buang mulai terbuka. Karena tekanan di dalam silinder lebih besar dari lingkungan, gas pembakaran keluar melalui lubang buang. Piston terus bergerak menuju TMB lubang buang semakin terbuka dan saluran bilas mulai terbuka. Bersamaan dengan kondisi tersebut tekanan di dalam karter mesin lebih besar daripada di dalam silinder sehingga campuran bahan bakar udara menuju silinder melalui saluran bilas sambil melakukan pembilasan gas pembakaran. Proses ini disebut pembilasan, proses ini berhenti pada waktu piston mulai bergerak dari TMB menuju TMA dengan lubang buang dan saluran bilas tertutup.

Langkah kedua setelah proses pembilasan selesai, campuran bahan-bakar masuk ke dalam silinder kemudian dikompresi, posisi piston menuju TMA. Sesaat sebelum piston sampai di TMA campuran bahan-bakar dan udara dinyalakan sehingga terjadi proses pembakaran. Siklus kembali lagi ke proses awal seperti diuraikan di atas.

Dari uraian di atas terlihat piston melakukan dua kali langkah yaitu dari :

- 1) **TMA menuju TMB:** proses yang terjadi ekspansi, pembilasan (pembuangan dan pengisian)
- 2) **TMB menuju TMA:** proses yang terjadi kompresi, penyalakan pembakaran

Siklus Termodinamika Motor Bensin

Analisa siklus termodinamika sangat penting untuk mempelajari motor bakar. Proses kimia dan termodinamika yang terjadi pada motor bakar sangatlah rumit untuk dianalisis. Jadi diperlukan suatu siklus yang diidealkan sehingga memudahkan untuk menganalisa motor bakar. Siklus yang diidealkan tentunya harus mempunyai kesamaan dengan siklus sebenarnya. Sebagai contoh kesamaannya adalah urutan proses dan perbandingan kompresi. Di dalam siklus aktual, fluida kerja adalah campuran bahan-bakar udara dan produk pembakaran, akan tetapi di dalam siklus yang diidealkan fluidanya adalah udara. Jadi siklus ideal bisa disebut dengan siklus udara.

Siklus udara ideal

Penggunaan siklus ini berdasarkan beberapa asumsi adalah sebagai berikut

1. Fluida kerja dianggap udara sebagai gas ideal dengan kalor spesifik konstan (tidak ada bahan bakar).

2. Langkah isap dan buang pada tekan konstan.
3. Langkah kompresi dan tenaga pada keadaan adiabatik.
4. Kalor diperoleh dari sumber kalor dan tidak ada proses pembakaran atau tidak ada reaksi kimia.

Siklus udara pada motor bakar yang akan dibahas adalah:

1. Siklus udara pada volume konstan (Siklus Otto)
2. Siklus udara pada tekanan konstan (Siklus Diesel)
3. Siklus udara tekanan terbatas (Siklus Gabungan)

Siklus udara volume konstan

Siklus ideal volume konstan ini adalah siklus untuk mesin Otto. Siklus volume konstan sering disebut dengan siklus ledakan (explosion cycle) karena secara teoritis proses pembakaran terjadi sangat cepat dan menyebabkan peningkatan tekanan yang tiba-tiba. Penyalan untuk proses pembakaran dibantu dengan loncatan bunga api. Nikolaus August Otto menggunakan siklus ini untuk membuat mesin sehingga siklus ini sering disebut dengan siklus Otto

Gambar diatas adalah diagram $p-v$ untuk siklus ideal Otto. Adapun urutan prosesnya adalah sebagai berikut :

- [1] Langkah isap (0-1) merupakan proses tekanan konstan.
- [2] Langkah kompresi (1-2) merupakan proses adiabatik
Proses pembakaran volume konstan (2-3) dianggap sebagai proses pemasukan kalor pada volume konstan.
- [3] Langkah kerja (3-4) merupakan proses adiabatik
Proses pembuangan kalor (4-1) dianggap sebagai proses pengeluaran kalor pada volume konstan
- [4] Langkah buang (1-0) merupakan proses tekanan konstan, gas pembakaran dibuang lewat katup buang

Waktu Pengapian

Pembakaran di dalam silinder kendaraan akan menentukan besarnya daya dan emisi dari gas hasil pembakaran tersebut. Pada motor bensin, penyalan campuran bahan bakar dan udara yang ada di dalam silinder dilakukan oleh sistem pengapian, yaitu dengan adanya loncatan bunga api pada busi. Terjadinya loncatan api ini sekitar beberapa derajat sebelum TMA (titik mati atas) piston, pada saat akhir langkah kompresi terjadi, dimana campuran udara dan bahan bakar sudah menjadi kabut.

Untuk memperoleh daya yang maksimal saat pengapian ini harus tepat. Menurut Arends & Berenscot (1994), bila pengapian terlalu maju, maka gas sisa yang belum terbakar, terpengaruh oleh pembakaran yang masih berlangsung dan pemampatan yang masih berjalan, akan terbakar sendiri. Hal ini akan menjadikan kerugian. Sedangkan bila pengapian

terlambat, detonasi berkurang, akan tetapi berarti juga menurunnya daya. Apabila pengapian terlambat, ruang di atas piston pada akhir pembakaran sudah membesar, bahwa sebagian kecil dari kalor berubah menjadi tekanan. Akibatnya sisa kalor dalam jumlah besar tertinggal dalam motor. Bukan hanya disebabkan oleh pembebanan termis dari beberapa bagian motor, seperti katup terlalu panas, tetapi disebabkan oleh suhu yang tinggi akan terlampaui batas terbakar sendiri.

Selain itu, waktu pengapian harus diatur sesuai dengan angka oktan dari bahan bakar yang digunakan. Berubahnya angka oktan dari bahan bakar harus selalu diikuti dengan penyetelan waktu pengapian. Rekomendasi pabrik kendaraan biasanya mensyaratkan penggunaan bensin tanpa timbal untuk mesin EFI. Hal ini menyebabkan waktu pengapian bisa tidak tepat, karena titik bakar dari bensin tidak sesuai dengan ketentuan. Oleh karena itu, waktu pengapian yang tepat sangat diperlukan untuk optimalisasi kerja mesin. Cara yang digunakan untuk mengatur waktu pengapian adalah merubah posisi dari distributor. Untuk memajukan waktu pengapian dilakukan dengan cara memutar distributor berlawanan dengan arah putaran rotor, sedang untuk memundurkan waktu pengapian dengan cara kebalikannya.

Modifikasi Pick Up Pulser/Triger

Modifikasi dilakukan dengan cara menggeser posisi *pick up pulser/ triger* sesuai dengan besaran derajat yang diinginkan atau menambah panjang ujung B dan memotong ujung A atau sebaliknya (lihat gambar 4).

Daya Motor

Besarnya daya motor merupakan fungsi dari torsi yang terukur oleh dinamometer dan besar putaran poros motor yang dinyatakan dengan menggunakan persamaan:

$$BHP = \frac{2\pi P R N_d}{60} \text{ Watt} \quad (1)$$

Atau dapat juga dinyatakan dengan hasil kalibrasi dynamometer:

$$BHP = \frac{P R N_d}{1000} \text{ KWatt} \quad (2)$$

dimana:

BHP = Brake Horse Power (HP)

P = Gaya yang terbaca pada dynamometer (N)

R = Panjang lengan dynamometer

Nd = Putaran motor (rpm)

Torsi

Torsi yang dihasilkan oleh motor dapat dihitung dengan persamaan:

$$Torsi = P \times R \tag{3}$$

dimana:

P = gaya aksi dinamometer (N)

Tekanan Efektif Rata-rata

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

$$Bmep = \frac{0,45 \times N \times Z}{A \times L \times i \times N_d} \tag{4}$$

dimana:

N = tenaga kuda poros (HP)

A = luas penampang torak (m²)

L = panjang langkah torak (m)

i = jumlah silinder

Nd = putaran motor (rpm)

Z = jumlah putaran poros engkol menyelesaikan satu siklus kerja

Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*Specific Fuel Consumption*)

- Persentase penggunaan bahan bakar:

$$\frac{\text{waktu konsumsi bb bensin} \times \text{jumlah bb}}{100\%} \tag{5}$$

- Laju kebutuhan bahan bakar

$$sfc = \frac{m_f}{p} (mg/mj) \tag{6}$$

- Efisiensi bahan bakar terhadap penggunaan bahan bakar gas LPG dengan sudut pengapian 10⁰.

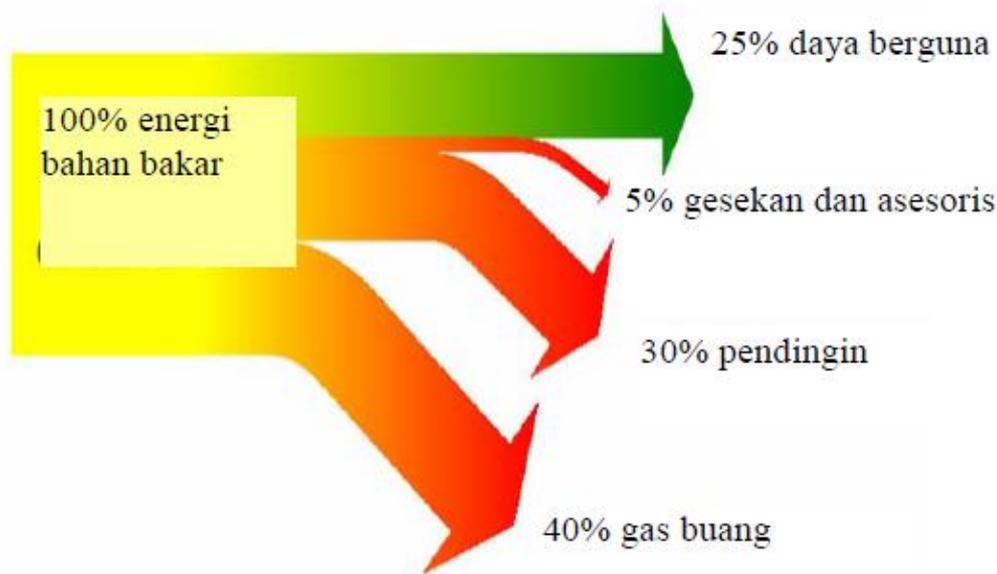
$$\mu_f = \frac{1}{sfc \times Q_{HV}} \tag{7}$$

dimana :

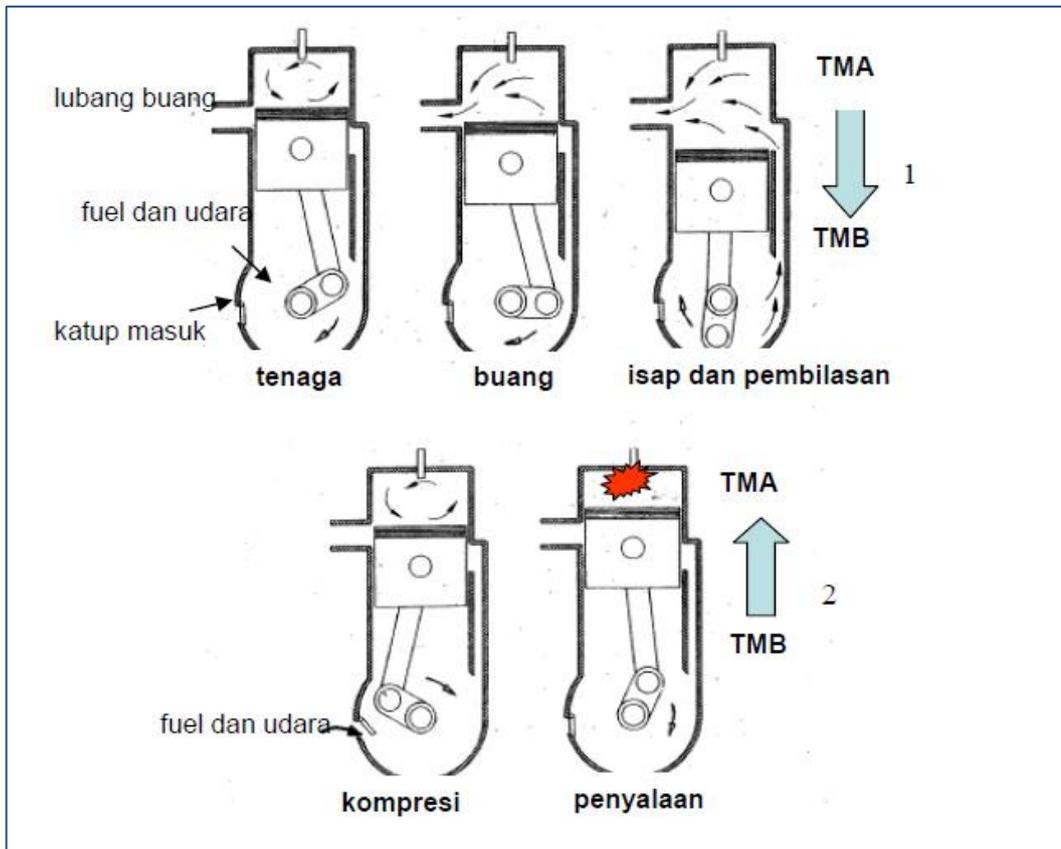
ρ = massa jenis bahan bakar (gr/cm³)

ρ_{lpg} = 600,02 gr/L untuk gas LPG

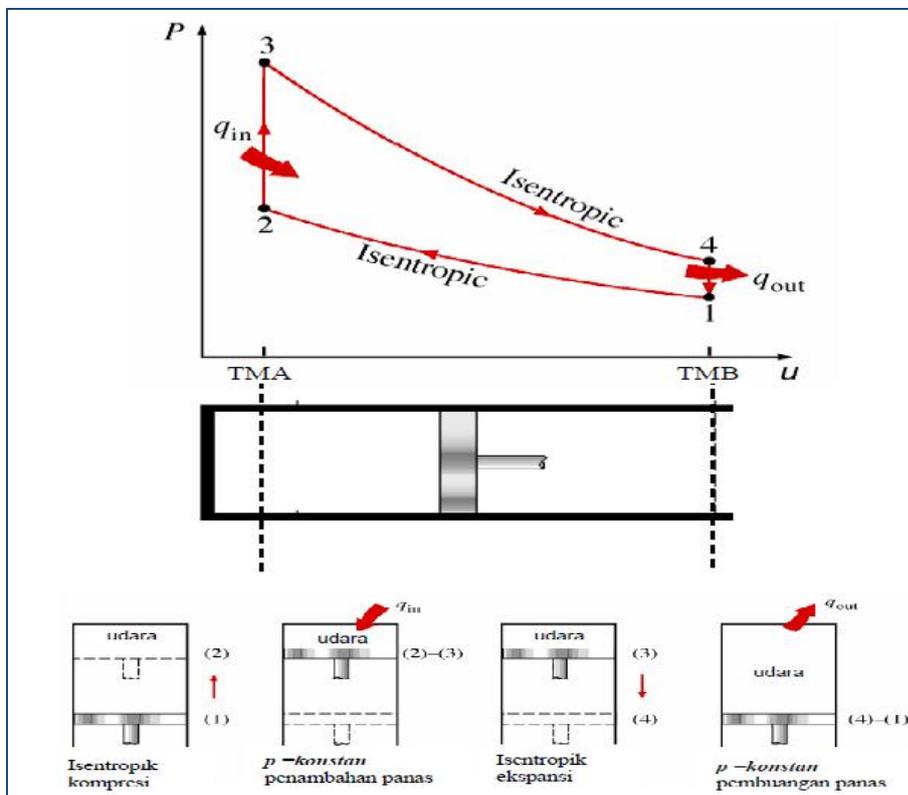
t = waktu konsumsi bahan bakar tiap ml (s)



Gambar 1. Keseimbangan energi pada motor bakar



Gambar 2. Siklus ideal motor bensin



Gambar 3. Siklus udara volume konstan



Gambar 4. Modifikasi pick up pulser/trigger

Metode penelitian yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian eksperimental nyata (*True Experiment Research*). Hal ini dipergunakan untuk mengetahui saat penyalaan (*ignition timing*) pada motor matic dengan menggunakan bahan bakar gas.

Pengambilan Data

- Tahap pertama:
Pemasangan alat converter beserta tabung bahan bakar gas LPG pada motor matic.
- Tahap kedua:
Pengambilan data dilakukan pada peralatan utama yang telah dipasang dengan bahan bakar gas LPG.
- Tahap ketiga:
Perhitungan terhadap performa motor matic dengan bahan bakar gas.

Variabel yang dipergunakan dan dicatat meliputi:

- Putaran: 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, 5000 rpm dan 6000 rpm.
- Konsumsi bahan bakar gas LPG

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Uji Coba Kelayakan Alat

Dalam penelitian ini sampelnya adalah sepeda motor *matic* Yamaha Mio yang masih menggunakan bahan bakar minyak dengan jenis premium, kemudian dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar gas dengan jenis LPG. Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik sampel bertujuan (*purposive sample*). Teknik sampel bertujuan dilakukan dengan cara mengambil subyek bukan didasarkan atas strata, random atau daerah tetapi didasarkan pada setiap kali perencanaan perlu dilakukan uji kelayakan atau kebergunaan alat, agar alat yang digunakan dapat bekerja dengan baik pada

saat dioperasikan. Uji coba dilakukan di Laboratorium Mesin Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, FKIP, Universitas Palangka Raya.

Prosedur Uji Kelayakan Alat

Ada beberapa tahapan dalam pengambilan data yaitu:

1. Tahap Pertama

Untuk mengetahui waktu pada pengapian motor *matic* Mio yaitu dengan membuka service manual sepeda motor *matic* mio. Untuk waktu pengapian sepeda motor mio yaitu 5° sebelum Titik Mati Atas (TMA). Pengambilan data dengan bahan bakar premium murni sebanyak 1 liter dan bahan bakar gas LPG. Untuk pengambilan data dimulai dengan putaran mesin 2000 rpm sampai 6000 rpm. Uji coba dilakukan sebanyak 5 kali dengan perbedaan rpm dari 2000, 3000, 4000, 5000 dan 6000.

2. Tahap kedua

Pada tahap yang kedua adalah sama saja hanya mengubah sudut pengapian dari yang standar 5° (sebelum TMA) ke 10° (sebelum TMA) untuk putaran mesin/rpm sama dengan tahap pertama.

Data Hasil Pengujian

Adapun data dengan menggunakan bahan bakar bensin dan gas adalah sebagai berikut :

- a. Data pengujian motor *matic* dengan menggunakan bahan bakar bensin per 10 ml (Tabel 1)
- b. Data pengujian motor *matic* dengan menggunakan bahan bakar gas LPG per 0,1 kilogram (1 Kg LPG= 1,96 L) (Tabel 2)
- c. Rekapitulasi data hasil perhitungan (Tabel 3)

Catatan: konsumsi bahan bakar yang irit terjadi putaran 2000 rpm yaitu sebesar 0.50 % dan tertinggi pada putaran 6000 rpm sebesar 0,56 % (ditinjau berdasarkan selisih waktu terhadap putaran mesin (rpm)).

Tabel 1. Data pengujian menggunakan bahan bakar bensin

Putaran mesin (RPM)	Rata-rata konsumsi bahan bakar bensin per 10 ml		Selisih waktu konsumsi bahan bakar antara Sudut 5 ⁰ dengan Sudut 10 ⁰	Persentase konsumsi bahan bakar
	Sudut 5 ⁰	Sudut 10 ⁰		
2000	54. 27 detik	1 menit 32 detik	6.05 detik	0.6 %
3000	42. 56 detik	53. 11 detik	10.55 detik	1.05 %
4000	32. 88 detik	43. 89 detik	11.01 detik	1.10 %
5000	27. 92 detik	35. 37 detik	7.45 detik	0.74 %
6000	18. 82 detik	24.45 detik	5.63 detik	0.56 %

Tabel 2. Data pengujian menggunakan bahan bakar gas

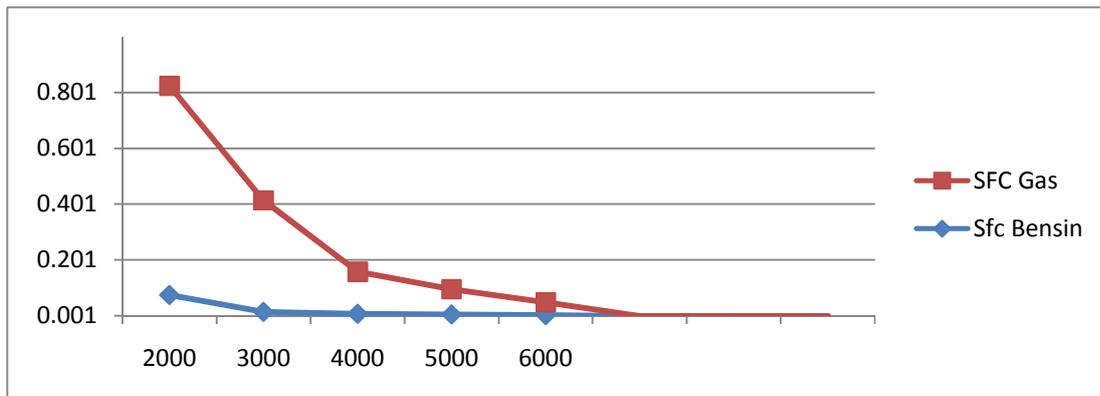
Putaran mesin (RPM)	Rata-rata konsumsi bahan bakar Gas LPG per 0,1 kilogram		Selisih waktu konsumsi bahan bakar antara Sudut 5 ⁰ dengan Sudut 10 ⁰	Persentase konsumsi bahan bakar
	Sudut 5 ⁰	Sudut 10 ⁰		
2000	1500 detik	1350 detik	1,5 detik	0,15 %
3000	1200 detik	980 detik	2,2 detik	2,22 %
4000	600 detik	457 detik	1,4 detik	0,14 %
5000	450 detik	265 detik	1,8 detik	0,18 %
6000	277 detik	127 detik	1,5 detik	0,15 %

Tabel 3. Rekapitulasi data hasil perhitungan

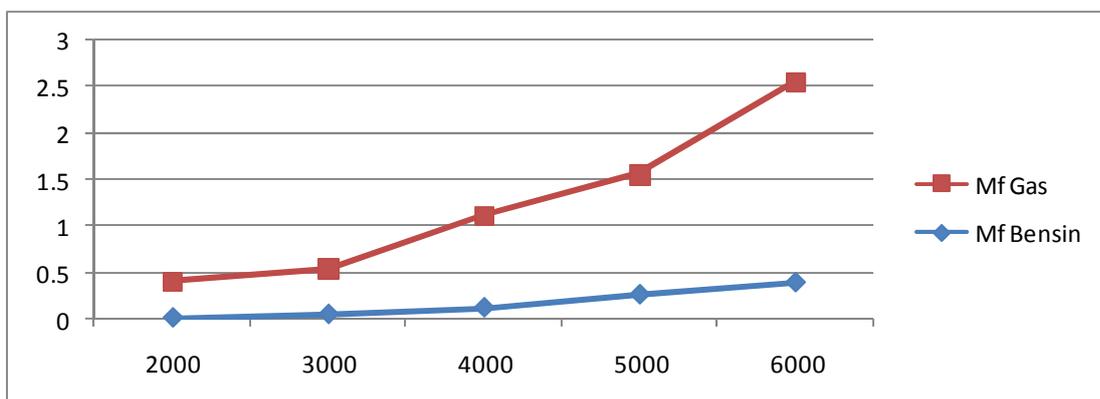
Bahan Bakar	Sudut Pengapian	Rpm	Sfc	Mf	$\frac{Mf}{Sfc}$
Bensin	5 ⁰	2000	0,075	0,013	0,074
		3000	0,015	0,017	0,13
		4000	0,0082	0,022	0,24
		5000	0,0056	0,026	0,35
		6000	0,0031	0,039	0,64
		2000	0,046	0,079	0,043
	10 ⁰	3000	0,018	0,013	0,11
		4000	0,011	0,017	0,18
		5000	0,0071	0,021	0,28
		6000	0,0041	0,03	0,48
		2000	0,75	0,4	0.0027
		3000	0,4	0,5	0.005
LPG	5 ⁰	4000	0,15	1	0.0013
		5000	0,09	1,3	0.0022
		6000	0,046	2,16	0.0043
		2000	0,67	0,44	0.003
	10 ⁰	3000	0,33	0,61	0.006
		4000	0,11	1,31	0.0018
		5000	0,05	2,26	0.04
		6000	0,02	4,72	0.1

Grafik perbandingan bahan bakar bensin dan gas LPG:
 a. Grafik perbandingan bahan bakar bensin dan gas LPG pada sudut pengapian 5° (Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3).

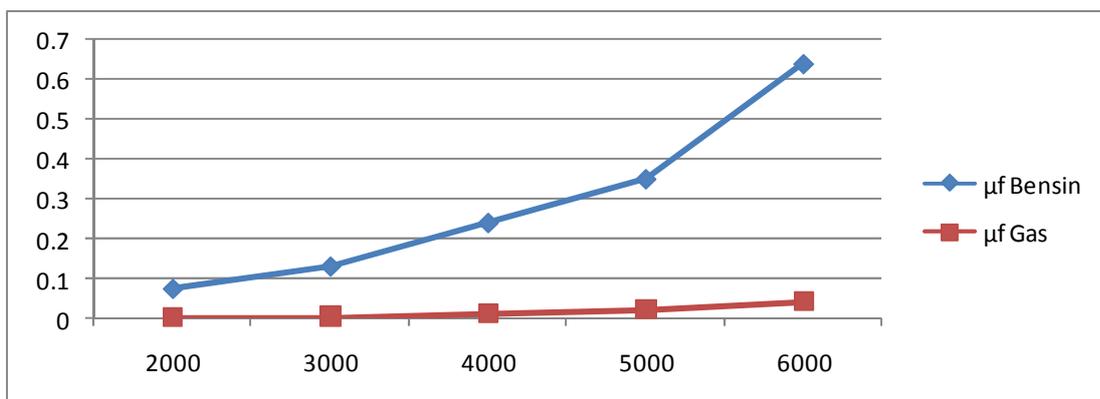
b. Grafik perbandingan bahan bakar bensin dan gas LPG pada sudut pengapian 10° (Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6).



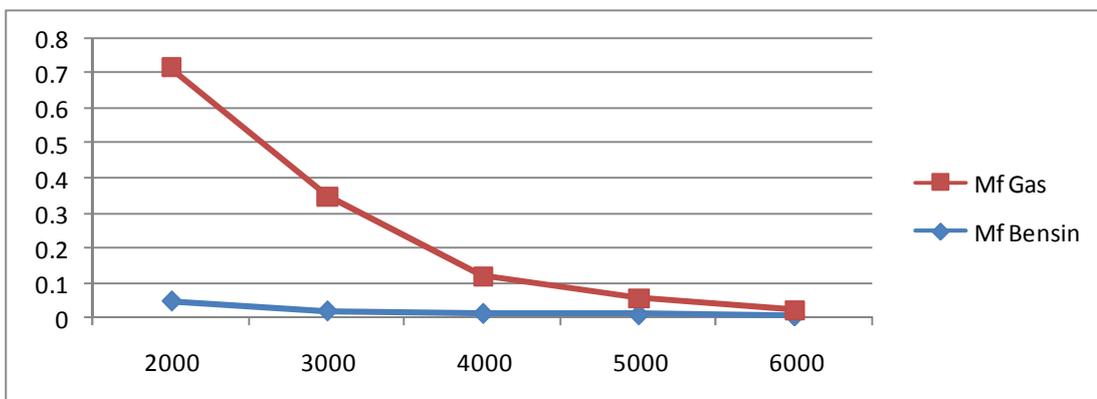
Gambar 1. Perbandingan terhadap kebutuhan konsumsi bahan bakar (SFC)



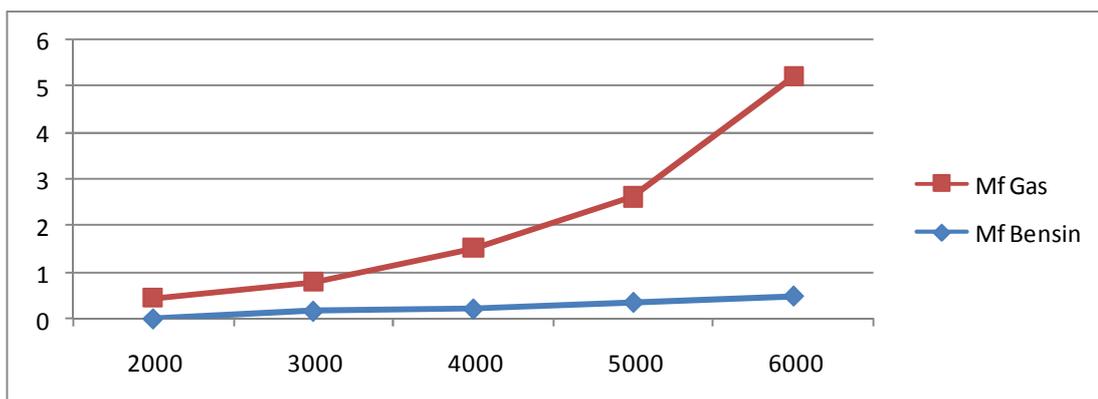
Gambar 2. Perbandingan terhadap laju konsumsi bahan bakar



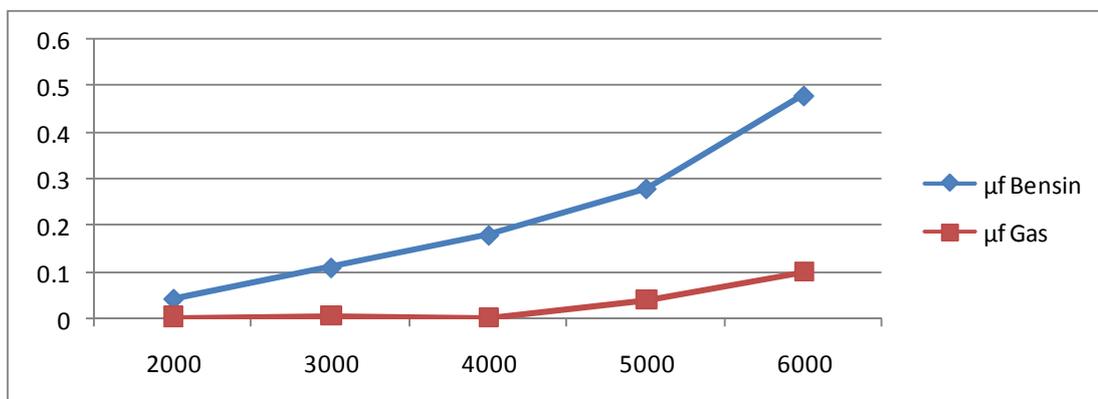
Gambar 3. Perbandingan penggunaan terhadap efisiensi bahan bakar



Gambar 4. Perbandingan terhadap kebutuhan konsumsi bahan bakar (SFC)



Gambar 5. Perbandingan terhadap laju konsumsi bahan bakar



Gambar 6. Perbandingan penggunaan terhadap efisiensi bahan bakar

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan efisiensi bahan bakar antar bensin dan LPG pada motor matic
2. Perubahan waktu pengapian mempengaruhi konsumsi bahan bakar yang dihasilkan yaitu LPG lebih rendah dibandingkan dengan bensin.
3. Waktu pengapian optimal sepeda motor matic dengan bahan bakar LPG dengan 10^0 sebelum TMA lebih optimal dibandingkan dengan pengapian standar 5^0 .
4. Putaran mesin efektif sepeda motor matic dengan bahan bakar LPG pada waktu pengapian dimajukan adalah 6000 rpm.

Keterbatasan

Dalam penelitian ini terdapat beberapa keterbatasan yaitu karena keterbatasan peralatan yang dimiliki serta dana, maka pengujian ini belum melibatkan pengujian tenaga.

DAFTAR PUSTAKA

Archie W Clup, 1987, *Prinsip-Prinsip Konvergi Energi*, Erlangga, Jakarta

Arends, BPM, 1994; *Motor Bensin*, Erlangga, Jakarta

Arismunandar, W, 1992, *Motor Bakar*, ITB Press, Bandung.

Boentarto, Drs, 1993, *Cara Pemeriksaan, Penyetelan dan Perawatan Sepeda Motor*, Yogyakarta

Edward F Obert, 1973, *Internal Combustion Engines*, McGrawhill, Singapura

"Elpiji", <http://www.wikipedia.org/>, 2009. Diakses tanggal 15 April 2013.

Heywood, John B., 1988, *Internal Combustion Engine Fundamentals*, McGraw Hill Book Company, Singapore.

Khul Shresta, 1987, *Termodinamika Terapan*, UI Press, Jakarta.

"Konversi Elpiji Pertamina", <http://www.pertamina.org/>, 2009.

KSME International Journal, Vol 16 No. 7, pp. 935~ 941, 2002 *Analysis of Combustion and Flame Propagation Characteristics of LPG and Gasoline Fuels by Laser Deflection Method*

Soenarto, Nakole, 2004, *Motor Serba Guna*, Pradnya Paramita, Jakarta

"Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Gas Jenis LPG...", <http://www.migasesdm.com/>, 2009. Diakses tanggal 15 April 2013

Willard W. Pulkrabek, *Fundamentals of the Internal Combustion Engine*, University of Wisconsin-Platteville

W. Gil, 1959, *Internal Combustion Engines*, Oxford & IBH Inggris.