Studi Eksperimental Penggunaan Bahan Bakar LPG Terhadap Emisi Gas Buang CO dan HC Pada Motor 4 Langkah

Sarjono [a],

[a] Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin STTR Cepu,
Jl. Kampus Ronggolawe Blok B No. 1. Mentul Cepu, *E-Mail:* sarjono508@yahoo.co.id

Abstract

The growing number of motorised vehicles, bringing out two serious threats: the first economic factor in the form of oil fuel that is getting longer is thinning. To the two factors of environmental pollution, which is the pollution caused by the combustion of oil fuel either directly in the form of harmful exhaust emissions such as CO, and HC and indirect pollution in the form of global warming Potential Caused by the amount of CO2. Therefore, it takes an environmentally friendly alternative energy as fuel, one of which is LPG fuel (Liquefied Petroleum Gas). The purpose of this research is to determine the influence of the use of LPG fuel against the exhaust gas emissions of CO, and HC on 4-Step Motors.

The results showed that the use of LPG fuel on 4 Stroke Motors was able to reduce emissions of exhaust gas CO and HC. The lowest CO-rate occurred at a 1500 rpm round of 0.49% vol, while the highest HC at 1500 rpm was 358% Vol. While the lowest CO2 at the 1200 rpm rotation was 2.94% Vol. Specific fuel consumption (SFC) tends to be more efficient than Using premium fuel, because the use of LPG fuel provides the optimization of combustion. This is due to the fuel-air mixture that goes into the cylinder of the combustion chamber into a homogeneous mixture and causes perfect burning.

Key words: LPG fuel, 4-step Motor, exhaust emission

Intisari

Meningkatnya jumlah penggunaan kendaraan bermotor, memunculkan dua ancaman yang serius yaitu: pertama faktor ekonomi berupa ketersediaan bahan bakar minyak yang semakin lama semakin menipis. Ke dua factor pencemaran lingkungan yaitu polusi yang ditimbulkan oleh pembakaran bahan bakar minyak baik secara langsung berupa emisi gas buang berbahaya seperti CO, dan HC maupun polusi yang tidak langsung berupa pemanasan global (Global Warming Potential) akibat meledaknya jumlah CO_2. Untuk itu dibutuhkan energi alternatif yang ramah lingkungan sebagai bahan bakar, salah satunya adalah bahan bakar LPG (Liquefied Petroleum Gas).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan bahan bakar LPG terhadap emisi gas buang CO, dan HC pada Motor 4 Langkah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan bahan bakar LPG pada motor 4 langkah mampu menurunkan emisi gas buang CO dan HC. Kadar CO terendah terjadi pada putaran 1500 rpm sebesar 0.49%vol, sedangkan HC tertinggi pada putaran 1500 rpm sebesar 358 % vol. sementara CO_2 terendah pada putaran 1200 rpm sebesar 2.94 % vol. Konsumsi bahan bakar Spesifik (SFC) cenderung lebih hemat dari pada menggunakan bahan bakar premium, karena pemakaian bahan bakar LPG memberikan optimalisasi pembakaran. Hal ini disebabkan campuran bahan bakar-udara yang masuk ke dalam silinder ruang bakar menjadi campuran yang homogen dan menyebabkan pembakaran sempurna.

Kata kunci: Bahan Bakar LPG, Motor 4 Langkah, Emisi Ga Buang.

1. Pendahuluan

Seiring dengan kelangkaan bahan bakar minyak yang terjadi belakangan ini telah memberikan dampak yang sangat luas diberbagai sektor kehidupan. Sektor yang paling cepat terkena dampak dari kelangkaan bahan bakar adalah transportasi. Disamping hal tersebut penggunaan bahan bakar minyak bumi sangat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Dengan demikian penggunaan bahan bakar dari minyak bumi (*fossil fuels*) telah mengakibatkan dampak pencemaran udara yang sangat komplek bagi kehidupan makhluk hidup khususnya manusia. Untuk itu dibutuhkan suatu energi alternatif yang sangat ramah lingkungan sebagai bahan bakar kendaraan bermotor, salah satu energi alternatif itu adalah LPG (*Liquefied Petroleum Gas*).

LPG merupakan campuran dari berbagai hidrokarbon yang dikenal sebagai *butana*, *propana*, *isobutana* atau campuran antara *butana* dengan *propana* sebagai hasil sampingan minyak mentah berbentuk gas. Dengan menambah tekanan atau menurunkan suhunya maka membuat menjadi cairan.

Sri Utami Handayani (2006), dalam penelitiannya tentang pemanfaatan Ethanol sebagai bahan bakar pengganti bensin, menyimpulkan bahwa ethanol memiliki angka oktan yang lebih tinggi dari bensin maka efisiensi termalnya akan lebih tinggi.

Sarjono dan Debi (2011) dalam penelitiannya tentang pengaruh biopremium E10 terhadap performance motor jupiter Z 2004 mengatakan bahwa penggunaan biopremium E10 meningkatkan daya dan torsi serta penggunaan bahan bakar spesifik (Sfc) yang lebih irit pada putaran yang sama.

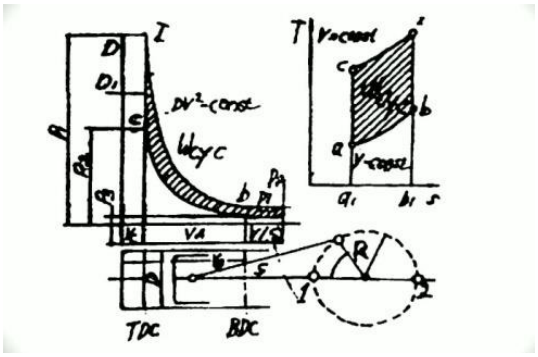
Sarjono (2018) dalam penelitiannya tentang Studi Eksperimental Variasi Celah Katup Hisap dan Katup Buang Terhadap *Performance* Speda Motor 4 Langkah Menggunakan Bahan Bakar Biopremium E10 menyatakan bahwa, pengaturan celah katup hisap 0,08 mm dan katup buang 0,11 mm menghasilkan daya maksimal sebesar 9,2 HP dan torsi 11,35 N.m, dengan kebutuhan bahan bakar yang paling efisien sebesar 0,0821 kg/kWh pada kisaran putaran 6000 rpm.

2. Kerangka Teori

2.1. Siklus Otto

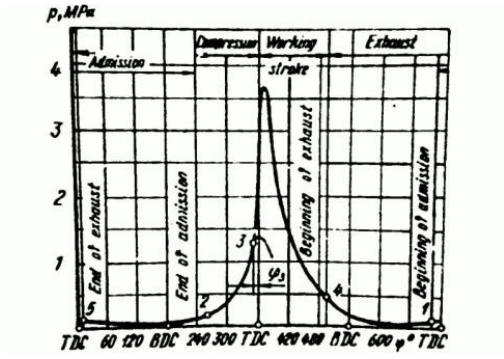
Pada gambar 1 menunjukan siklus otto dalam koordinat P-V dan T-S, dimana panas diterima dan di buang pada volume konstan.

Data yang menggambarkan proses-proses secara terpisah ataupun kombinasi serta efisiensi mesin dari siklus nyata diperoleh secara eksperimental dengan bantuan diagram indikator yang mencatat perubahan tekanan didalam silinder dan besarnya karakteristik tertentu lainnya sebagai fungsi dari perubahan volume (dalam koordinat pV) atau sudut rotasi/waktu dari poros engkol.



Gambar 1. Diagram PV dan TS Siklus Otto

Untuk mesin putaran tinggi, diagram indikator diperoleh dengan peralatan pencatat respon cepat (sinar katodha *oscilloscop* dengan *piezoquartz* dan penguat arus yang akan timbul ketika tekanan dalam silinder berubah). (Sumber: Khovakh, M, 1979:77).



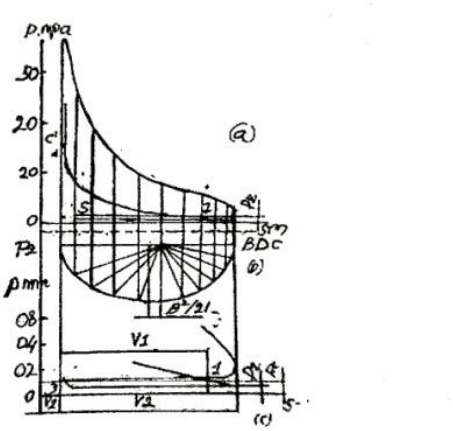
Gambar 2. Diagram Indikator dari mesin karburator 4 langkah dalam koordinat p-0.

keterangan:

1. : katup masuk terbuka,
2. : katup masuk tertutup,
3. : penyalaan,
4. : katup buang terbuka,
5. : katup buang tertutup.

Dalam mesin otto (karburator, gambar 2) katup masuk terbuka sesaat sebelum titik mati atas (titik 1) untuk menghisap bahan bakar dan udara seperti yang digambarkan garis 1-5-a-2. Suplai campuran akan berhenti pada saat katup masuk tertutup (titik 2). Campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder akan bercampur dengan hasil pembakaran dari siklus sebelumnya yang tersisa di dalam silinder dan membentuk campuran kerja yang akan dikompresi setelah langkah hisap. Pada diagram indikator menunjukan waktu penyalaan/pengapian (titik 3).

Pembakaran juga berlangsung dalam beberapa tingkat pada langkah ekspansi. Pembuangan gas dimulai ketika katup buang terbuka. Pada keadaan ini tekanan di dalam silinder lebih besar dari tekanan *atmosfer* dan mulailah proses pembuangan gas dari silinder melalui katup buang. Proses pembuangan terjadi pada 4-1-5 dan berakhir pada saat katup buang tertutup yaitu pada (titik 5).



Gambar 3. Diagram Indikator dari mesin karburator 4 langkah dalam koordinat P-V. *a*-diagram siklus, *b*-plot berubahan sudut engkol terhadap perubahan piston, *c*-diagram pengeluaran gas. (Sumber: Khovakh; M, 1979:76)

2.2. Bahan Bakar dan Proses Pembakaran

2.2.1. Bahan Bakar LPG (Liquefied Petroleum Gas)

Hampir semua jenis bahan bakar saat ini diturunkan dari minyak bumi. Secara prinsip komponen minyak adalah hidrokarbon. Antara lain jenis *parafins*/alkana dengan rumus kimia C_nH_{2n+2}, *napthenes/cyclanes* dengan rumus kimia C_nH_{2n+2}, *hidrokarbon aromatic* C_nH_{2n+6} dan *olefins* C_nH_{2n}. (Mathur, ML, R. P Sharma, 1980:232).

Sifat alamiah atau karakteristik dari bahan bakar adalah sebagai berikut:

1. *Volatility* (penguapan) adalah kemampuan untuk menguap dari bahan bakar pada temperature tertentu dalam proses distilasi.
2. Titik nyala adalah temperatur tertentu dimana bahan bakar dapat terbakar tanpa bantuan percikan api.
3. *Specific grafitasi* merupakan perbandingan berat jenis bahan bakar terhadap acuan tertentu (berat jenis air atau udara).
4. Nilai bakar adalah jumlah energi yang terkandung dalam bahan bakar.
5. Angka Oktan *(octane number).*
6. Titik beku.
7. Panas pembakaran persatuan massa dan volume.
8. Berat jenis.
9. Keseimbangan kimia, kenetralan dan kebersihan.
10. Keamanan.

LPG (*liquefied petroleum gas,* secara harafiah adalah: gas minyak bumi yang dicairkan) adalah campuran

dari berbagai unsur hidrokarbon yang berasal dari gas alam. Dengan menambahkan tekanan dan menurunkan suhunya, gas akan berubah menjadi cair. Komponennya di dominasi propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}). LPG juga mengandung hidrokarbon ringan lain dalam jumlah kecil, misalnya etana (C_2H_6) dan pentana (C_5H_{12}).



Gambar 4. LPG 3 Kg.

Dalam kondisi atmosfer LPG akan berbentuk gas. Volume LPG dalam bentuk cair lebih kecil dibandingkan dalam bentuk gas untuk berat yang sama. Karena itu LPG dipasarkan dalam bentuk cair dalam tabung-tabung logam yang bertekanan. Untuk memungkinkan terjadinya ekspansi panas (*thermal exspansion*) dari cairan yang dikandungnya, tabung LPG tidak di isi penuh hanya sekitar 80-85% dari kapasitasnya. Rasio antara volume gas bila menguap dengan gas dalam keadaan cair bervariasi tergantung komposisi, tekanan dan temperatur, tetapi biasanya sekitar 250:1.

Tekanan dimana LPG berbentuk cair, dinamakan tekanan uap-nya, dan juga bervariasi tergantung komposisi dan temperatur. Sebagai contoh dibutuhkan tekanan sekitar 220 kPa (2.2 bar) bagi *butana* murni pada 20°C (68°F) akan mencair, dan sekitar 2.2 MPa (22 bar) bagi *propana* murni pada 55°C (131°F).

Menurut spesifikasinya LPG dibagi menjadi tiga jenis yaitu LPG campuran, LPG *propana* dan LPG *butana*. Spesifikasi masing-masing LPG tercantum dalam keputusan Direktur Jenderal Minyak Dan Gas Bumi No.25K/36/DDJM/1990. Elpiji yang dipasarkan Pertamina adalah LPG campuran.

Sifat-sifat umum dari LPG adalah sebagai berikut:

1. Cairan dan gasnya sangat mudah terbakar.
2. LPG tidak mengandung racun.
3. LPG tidak memiliki warna, baik dalam bentuk cairan maupun dalam bentuk gas.
4. LPG tidak memiliki bau. Umumnya LPG komersial ditambahkan zat yang berbau (*odor*) untuk alasan keselamatan. Zat berbau yang biasa digunakan adalah *Ethyl mercaptane*.
5. Gas dikirimkan sebagai cairan yang bertekanan tinggi di dalam tangki atau silinder.
6. Cairan dapat menguap jika dilepas dan akan menyebar dengan cepat.
7. Bila menguap di udara bebas, LPG akan membentuk lapisan karena kondensasi sehingga terdapat aliran gas.
8. Gas ini lebih berat dibandingkan dengan udara sehingga akan banyak menempati daerah yang rendah.
9. Massa jenis LPG lebih besar dari massa jenis udara: (1) massa jenis *butana* dua kali lebih besar dari massa jenis udara, (2) massa jenis *propana* satu setengah kali lebih besar dari massa jenis udara.
10. LPG tidak mempunyai sifat pelumasan terhadap metal.

Tampak dari gambar 5 yang diperoleh dari pengukuran emisi bahwa kecuali untuk CO_2 yang lebih rendah untuk LPG dibandingkan untuk bensin, maka parameter emisi lainnya dan umumnya diatas bensin. Hal ini disebabkan karena memang mesin kendaraan dirancang untuk mempergunakan bahan bakar bensin ditambahkan dengan *converter kit* yang dipergunakan juga adalah kit yang paling sederhana yang tidak memiliki kemampuan untuk mengatur dirinya sendiri sehingga tidak dapat mengoptimasikan pembakaran gas LPG serta meminimisasi emisi.

Tabel 1. Spesifikasi Bahan Bakar LPG

No.	SIFAT	SATUAN	BATASAN		METODE UJI	
			MIN	MAKS	ASTM	LAIN
1.	Berat Jenis Relatif pada 50°/60°F	-	Dilaporkan	D-1657	-	
2.	Tekanan Uap pada 100°F	psig	-	210	D-1267	-
3.	*Weathewring Test* pada 36°F	% Vol	95	-	D-1837	-
4.	Korosi Bahan Tembaga	1 jam/ 100°F	-	ASTM No.1	D-1838	-
5.	Kandungan Sulfur Total	Grains/ 100cuft	-	15”	D-2784	-
6.	Komposisi c^2 total C^1 + (C^2 dan kandungan hidro karbon lain yang lebih berat)	% Vol	95 -	- 2,5	D-2163	-
7.	Etil atau Butyl Merkaptan	ml/100 0AG	50	-	-	-

(Sumber: Khovakh, M:79)

2.2.2. Proses Pembakaran

Pada proses pembakaran, elemen-elemen utama dalam bahan bakar yang mudah terbakar yaitu karbon, hidrogen dan sulphur yang bergabung secara kimia dengan oksigen dari udara dan menghasilkan energi dan produk gas panas. Pembakaran ini merupakan oksidasi yang cepat dari bahan bakar untuk menghasilkan panas dengan jumlah yang besar.

Bahan Bakar + Oksidasi → Produk + Energi

Untuk memastikan pembakaran bahan bakar yang sempurna di dalam ruang bakar, kondisi di bawah ini harus dipenuhi:

1. Harus diberikan udara ke dalam ruang bakar yang cukup untuk memenuhi kebutuhan oksigen untuk membentuk campuran dengan semua elemen-elemen dalam bahan bakar yang mudah terbakar.
2. Udara dan bahan bakar harus sepenuhnya bercampur bersama-sama sehingga masing-masing partikel dari bahan bakar dapat berhubungan dengan oksigen yang dibutuhkan. Campuran antara bahan bakar dan udara ini dikenal dengan turbulensi.
3. Temperatur di dalam ruang bakar harus cukup tinggi untuk membakar bahan bakar yang masuk.
4. Ruang bakar harus memberikan waktu yang cukup untuk membuat pembakaran yang sempurna sebelum gas masuk daerah pendingin dari permukaan pemanas.

Kondisi di atas dapat disimpulkan dengan cukup udara dan cukup waktu, temperatur dan turbulensi. Tiga terakhir sering ditunjuk sebagai 3T dari pembakaran. Dalam

kata lain yang dibutuhkan untuk pembakaran yang tepat adalah 3T plus udara yang cukup. Jika miskin atau tidak ada pembakaran di dalam ruang bakar, maka satu atau lebih dari empat kondisi tersebut tidak pas. Adapun reaksi kimia pembakaran bahan bakar hidrokarbon secara umum dapat dinyatakan sebagai berikut:

$C\alpha\ H_\beta\ O\gamma + (\alpha + \frac{\beta}{4} + \frac{\gamma}{2})\ (O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow \alpha\ CO_2 + (\frac{\beta}{2})\ H_2O + 3{,}76\ (\alpha + \frac{\beta}{4} - \frac{\gamma}{2})\ N_2$

$$AFR = \frac{29\left(\alpha + \frac{\beta}{4} - \frac{\gamma}{2}\right) 4{,}76}{mf}$$

Bahan bakar + Oksidan → Produk + Energi

$(C_6H_6) + 3\ (O_2 + 3{,}76\ N_2) \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O + 3(3{,}76)\ N_2$

Bensin murni
$C_6H_6 + 7{,}5\ (O_2 + 3{,}76N_2) \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O + 14{,}1\ N_2$

$$AFR: \frac{7{,}5\ (1+3{,}76)(29)}{(12.6)(1.6)} : \frac{7{,}5\ (4{,}76)29}{72+6} : \frac{1035{,}3}{78}$$

: 13,27 Kg udara/Kg bahan bakar

Persamaan reaksi kimia pembakaran di atas menunjukkan proses pembakaran sempurna dari 1 mol bahan bakar. Selama proses pembakaran, senyawa hidrokarbon terurai menjadi senyawa-senyawa hidrogen dan karbon yang masing-masing bereaksi dengan oksigen membentuk CO_2 dan H_2O.

Dalam proses pembakaran dibutuhkan perbandingan udara dan bahan bakar atau AFR (*air fuel ratio*) dimana besarnya udara yang dibutuhkan dalam silinder untuk membakar bahan bakar.

Pembakaran tidak sempurna pada motor bensin dimana api yang ditimbulkan oleh busi mengakibatkan pembakaran yang cepat di dekat busi. Bahan bakar yang telah terbakar suhunya naik, karena ekspansinya maka sisa bahan bakar yang belum terbakar didesak olehnya dan suhunya naik tinggi sekali, sehingga sisa bahan bakar akan terbakar dengan sendirinya, hal ini menyebabkan terjadinya kenaikan tekanan yang tiba-tiba sehingga akan menghasilkan suara *knocking*. Bila ini terjadi maka banyak panas yang hilang, sedangkan suhu piston dan katup buang menjadi naik dan suara *knocking* menjadi lebih keras. Akibatnya hasil pembakaran menjadi berkurang. *Knocking* akan mempercepat keausan silinder dan cincin silinder. (Sumber: Sujono,2009:15-16)

2.3. Sistem Kit Konversi

Tekanan tinggi (sekitar 200 bar) regulator gas, *mixer*, pipa, *switch* BBG/BBM dan *pressure gauge*). Lalu dimulailah pengisian BBG ke kendaraan yang dilakukan pada tekanan sekitar 200 bar. Sistem kerja kit konversi adalah sebagai berikut yaitu bahan bakar gas dimasukan ke tabung BBG melalui keran pengisian BBG pada tekanan tinggi dan melalui pipa tekanan tinggi yang kemudian gas disalurkan ke mesin. Tekanan gas diturunkan ke *atmosfer* (LK.1) oleh penurun tekanan. Kemudian dicampur dengan udara oleh pencampur udara dan gas selanjutnya akan masuk pada ruang bakar untuk dibakar.

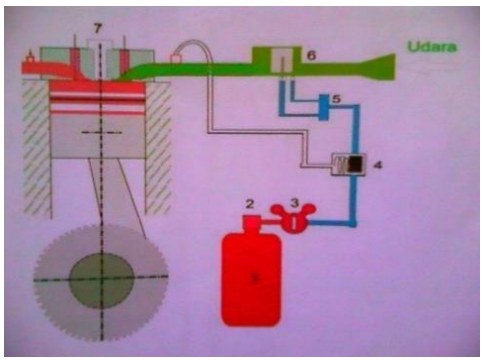
Kendaraan bermotor dapat dioperasikan memakai bahan bakar gas atau bensin. Pengaturan pengoperasiannya diatur oleh sakelar pemilih yang menutup atau membuka keran otomatis untuk gas atau bensin. Banyaknya volume gas yang tersimpan ditangki dapat dilihat dimanometer.

Dalam pemakaian BBG untuk kendaraan tidak ada perubahan-perubahan pada mesin kendaraan, yang ada hanya penambahan peralatan kit konversi. Bila prosedur pemasangan dan pemeliharaan alat ini dilaksanakan dengan baik maka penggunaannya akan aman.

2.3.1. Prinsip Dasar Kit Konversi BBG

Peralatan kit konversi terdiri dari tabung BBG tekanan tinggi (sekitar 200 bar), regulator gas, *mixer*, pipa, *switch* BBG/BBM dan *pressure gauge*.

Berikut adalah skema dari Kit Konversi untuk BBG:



Gambar 6. Instalasi Kit Konversi

Keterangan:

1. Tabung LPG.
2. Regulator pengatur tekanan I.
3. Regulator pengatur tekanan II.
4. Kran mimbran.
5. Kran pembagi.
6. Pencampur.
7. Mesin satu silinder 4 langkah.

2.3.2. Sistem Kerja Kit Konversi

Bahan bakar gas LPG yang berada dalam tabung bertekanan tinggi (1) dikeluarkan dengan menurunkan tekanannya menggunakan regulator LPG tekanan tinggi (2) dan kembali diturunkan tekanannya sesuai dengan kebutuhan konsumsi bahan bakar dengan menggunakan regulator asetelin (3).

Gas yang sudah diturunkan tekanannya dialirkan melalui selang gas ke keran membran (4). Kevakuman yang terjadi di ruang bakar yang diakibatkan oleh langkah hisap piston dari TMA ke TMB mengakibatkan pegas keran membran tertarik dan membuka aliran gas dan gas akan mengalir ke keran pembagi (5) untuk kemudian dialirkan ke *main jet* dan di dalam pencampur/*mixer* (6).

Udara yang masuk karena kevakuman di dalam ruang bakar akan bercampur dengan LPG dan kemudian masuk ke dalam ruang bakar mesin satu silinder empat langkah (7).

2.3.3. CO/HC Analyzer

CO/HC *Analyzer* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengukur kadar gas buang atau emisi gas buang (CO/HC) pada sebuah mesin.



Gambar 7. Alat CO/HC Analyzer

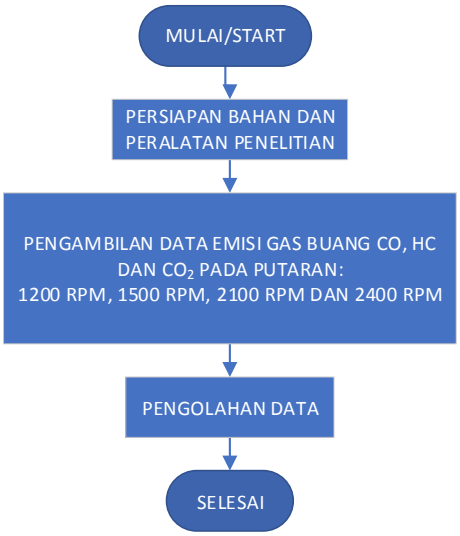
3. Metodologi

Penelitian dilakukan untuk mengetahui kadar emisi gas buang CO, HC, dan CO2 yang terjadi pada motor 4 langkah dengan bahan bakar LPG. Varibel tetapnya adalah bahan bakar LPG, dan variabel peubahnya adalah putaran.

Pengamatan kadar emisi gas buang pada ring putaran 1200 rpm, 1500 rpm, 1800 rpm, 2100 rpm, dan 2400 rpm. Parameter yang diamati dalam pengujian yaitu emisi gas buang CO, HC, CO_2, perbandingan udara dan bahan bakar (AFR).

3.1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian adalah sebagai berikut:



Gambar 8. Diagram Alir Penelitian

3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Bahan bakar LPG 3 kg sedangkan alat yang digunakan dalam penilitian adalah sebagai berikut:

1. Satu (1) unit sepeda motor Suzuki Shogun tahun 1998 dengan spesifikasi sebagai berikut:
   Tipe mesin: Tipe FD 110/4 *stroke, Single Over Head Camshaft*.
   Sistem Pendinginan: Pendingin Udara.
   Diameter Silinder/*Bore*: 53.5 mm.
   Langkah Piston/*Strok*: 48.8 mm.
   Jumlah Silinder: 1 (tunggal).
   Piston Displacement: 110 cc.
   Perbandingan Kompresi: 9.3: 1
   Daya Maksimum: 9.8 Hp/9000 rpm.
   Torsi Maksimum: 1.0 kg.m/7000 rpm.
   Bahan Bakar: Premium.
2. Satu (1) unit alat *CO/HC ANALYZER* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2. Spesifikasi CO/HC Analyzer

		0,00-10,00 % Vol (0,01)	
	CO	JK/JU	JA
Standard Komponen Yang Diuji	HC CO_2 AFR LAMBDA O_2	0-10.000 ppm vol (1) untuk 2.000 ppm atau lebih (10) 0,00-20,00 % Vol (0,02) 10,00-30,00 (0,1) 0,50-2,50 (0,01) 0,00-25,00 % Vol (0,02) opt.	0-20.000 ppm vol (2) untuk 4.000 ppm atau lebih (10)
Kecepatan	TD+T90 Sekitar 10 detik TD+T95 Sekitar 15 detik		
Exatability	13 X atau lebih pada 20 X pengujian (± 0,06%vol CO, ±12 ppm vol HC, ± 0,5 %vol CO_2)		
Power Supply	100-240 Volt AC 50/60 Hz		
Ouput	Analog: 0-1 Volt DC Printer (optional)		
Ukuran	271 (W) x 143 (H) x 366 (D)		
Berat	± 4,0 kg		

3. Selang/*Hose Pressure*.
4. *Regulator untuk mengeluarkan gas dari tabung LPG dengan spesifikasi* sebagai berikut:
   - Reguator T-181 ini memiliki putaran di bagian atas, jadi bisa untuk mengatur besar-kecilnya gas yang ke luar dan juga bisa ditutup aliran gasnya.
   - *Inlet Pressure* : 0.5-10 kg/cm².
   - *Outlet Pressure* : 0-2 kg/cm².
   - *Flow Capacity* : 0-6 kg/hr.
   - Memenuhi Standar SNI.
   - Tabung LPG 3 kg atau 12 kg.
5. *Regulator Asetelin* dengan spesifikasi sebagai berikut :
   - Kapasitas Tekanan Tabung: 315 Bar (Maksimum).
   - Kapasitas Tekanan Aliran: 15 Bar (Maksimum).
6. *Stopwatch*
   Stopwatch adalah alat yang digunakan utuk mengukur berapa lama konsunsi bahan bakar.
7. *Tachometer Digital* adalah alat yang digunakan untuk mengukur putaran mesin.

3.3. Langkah Penelitian

Adapun urutan kegiatan dalam penelitian adalah:

1. Melepas dek samping sepeda motor.
2. Membuka tutup busi dan dibersihkan.
3. Pasang busi *standart* yang baru.
4. Melihat indikator isi BBG.
5. Pasang selang bahan bakar pada *karburator* dan *regulator*.

6. Sambungkan *hose pressure* dari *stop* kran.
7. Membuka *stop* kran.
8. Pasang regulator pada tabung LPG.
9. Mengecek apakah masih ada kebocoran gas atau tidak.
10. Mengetes sepeda motor dengan menggunakan alat *CO/HC ANALYZER*.
11. Melakukan pengamatan dan pengambilan data.

4. Hasil dan Pembahasan (Time New Roman, 10 Bold)

4.1. Data Hasil Penelitian

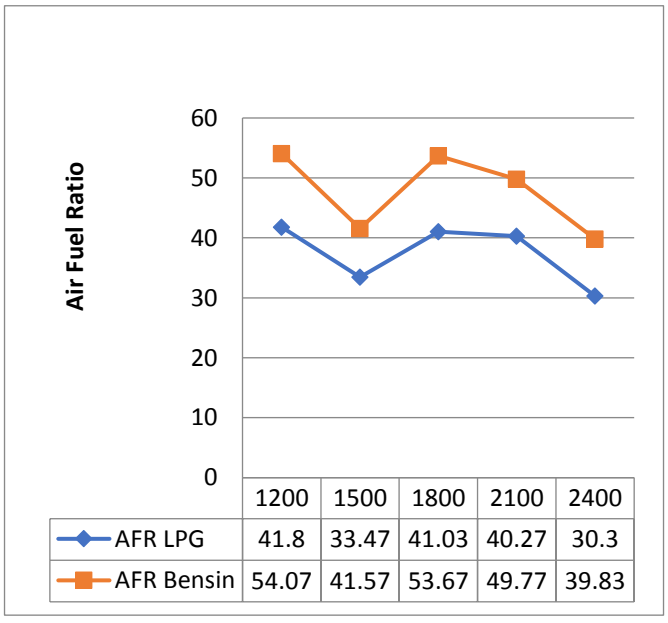
Hasil pengolahan data pada pengujian sepeda motor 4 langkah dengan menggunakan bahan bakar LPG disajikan dalam tabel berikut ini:

Tabel 3. Data Hasil Pengujian

No.	RPM	Emisi gas buang LPG (vol)			AFR LPG	Emisi gas buang premium (vol)			AFR premium
		CO	HC	CO_2		CO	HC	CO_2	
1.	1200	0,69 %	238,67 ppm	2,94 %	41,80	1,32 %	436,33 ppm	3,74 %	54,07
2.	1500	0,49 %	358,00 ppm	3,38 %	33,47	1,37 %	566,33 ppm	3,60 %	41,57
3.	1800	0,62 %	119,00 ppm	3,17 %	41,03	1,31 %	359,00 ppm	3,47 %	53,67
4.	2100	0,53 %	267,67 ppm	3,74 %	40,27	2,48 %	380,33 ppm	4,42 %	49,77
5.	2400	1,15 %	178,67 ppm	3,54 %	30,30	2,57 %	286,67 ppm	4,34 %	39,83

4.2. Pembahasan

4.2.1. Pengujian *Air Fuel Ratio* (*AFR*)



Gambar 9. Grafik Hubungan AFR terhadap Putaran

Dari grafik di atas diketahui bahwa putaran mesin dengan penggunaan bahan bakar yang berbeda mempunyai pengaruh terhadap perbandingan udara dan bahan bakarnya, ini diketahui bahwa semakin tinggi putaran mesin maka semakin besar perbandingan udara dan bahan bakar yang dibutuhkan.

Dalam penggunaan bahan bakar LPG menunjukan perbedaan dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar bensin pada umumnya. Penggunaan bahan bakar LPG pada putaran 1200 rpm, lebih sedikit AFR nya apabila dibandingkan dengan penggunaan premium.

Pada pemakaian bahan bakar LPG, AFR yang dibutuhkan rata-rata 41.8 % vol, sedangkan pada saat pemakaian bahan bakar bensin AFR yang dibutuhkan 54.07 % vol.

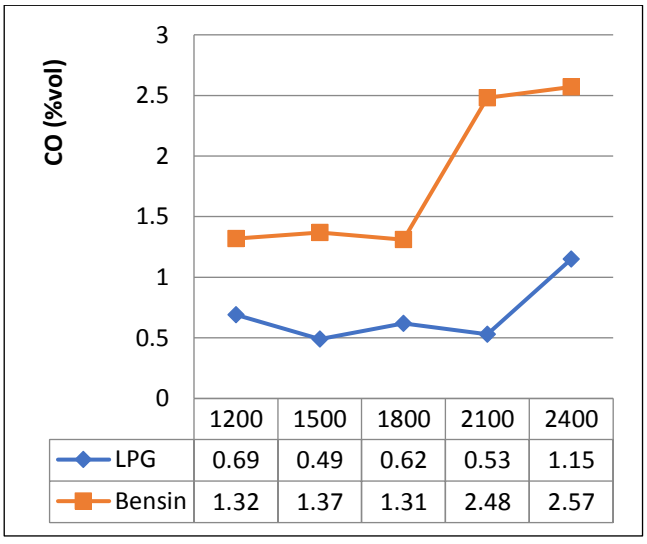
Pada saat menggunakan bahan bakar bensin (*premium*) AFR di dalam mesin relatif lebih besar dibandingkan saat menggunakan bahan bakar gas LPG. Dengan demikian kebutuhan AFR pada putaran 1200 rpm masih sangat mencukupi untuk melakukan reaksi pembakaran.

Pada putaran 1500 rpm penggunaan bahan bakar LPG AFR lebih rendah jika dibandingkan pada saat menggunakan bensin (*premium*). Penggunaan bahan bakar LPG AFR yang dibutuhkan sebesar 33.47 %vol. Sedangkan pada saat menggunakan bahan bakar bensin AFR yang dibutuhkan adalah 41.57 %vol.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa, penggunaan bahan bakar gas LPG perbandingan udara dan bahan bakarnya (AFR) lebih rendah. Hal ini dikarenakan pada ke dua jenis bahan bakar ini memiliki perbedaan aliran dalam mengalirkan campuran bahan bakar dan udara ke dalam silinder, sehingga memberikan efek aliran yang berbeda.

4.2.2. Pengujian Emisi Gas Buang CO

Dari gambar 10. terlihat bahwa emisi gas buang CO yang dihasilkan oleh penggunaan bahan bakar gas LPG lebih rendah jika dibandingkan dengan menggunakan bahan bakar premium, artinya penggunaan bahan bakar gas LPG emisi gas buang CO yang dihasilkan lebih ramah terhadap lingkungan.

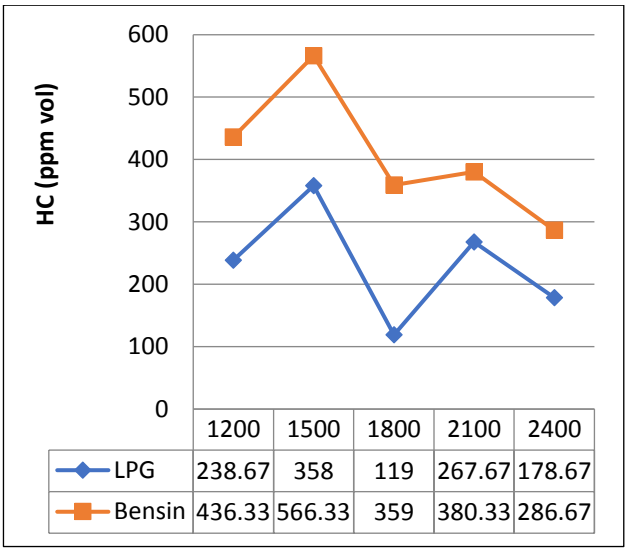


Gambar 10. Grafik Hubungan Emisi Gas Buang CO Terhadap Putaran.

Gambar 10. menjelaskan bahwa pemakaian bahan bakar gas LPG dan bahan bakar premium juga mempengaruhi kandungan karbon monoksida. Pada kisaran putaran 1200 rpm sampai dengan 2400 rpm, penggunaan bahan bakar gas LPG menghasilkan emisi gas buang CO lebih rendah apabila dibandingkan dengan emisi gas buang yang dihasilkan oleh bahan bakar bensin.

Hal ini disebabkan pada ke dua jenis bahan bakar ini memiliki perbedaan aliran dalam mengalirkan campuran bahan bakar dan udara ke dalam silinder sehingga akan memberikan efek aliran yang berbeda.

4.2.3. Pengujian Emisi Gas Buang HC



	1200	1500	1800	2100	2400
LPG	238.67	358	119	267.67	178.67
Bensin	436.33	566.33	359	380.33	286.67

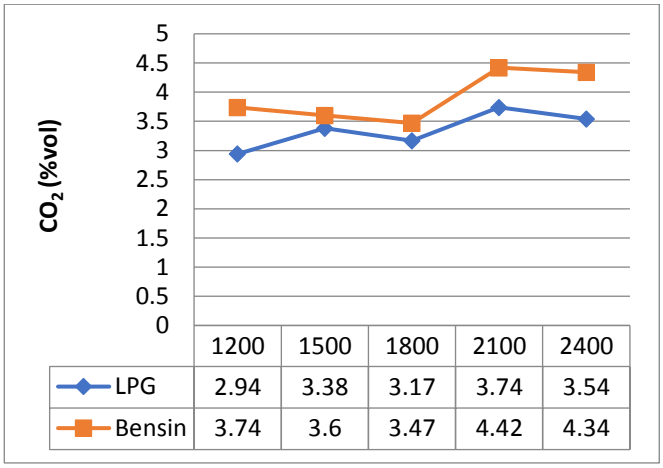
Gambar 11. Grafik Hubungan Emisi Gas Buang HC Terhadap Putaran.

Gambar 11. menunjukkan bahwa pemakaian bahan bakar gas LPG dan premium mempunyai pengaruh terhadap kandungan emisi gas buang hidrokarbon (HC). Pada putaran 1200 rpm terlihat penggunaan bahan bakar gas LPG pada menghasilkan HC sebesar 238.67 ppm vol, pada putaran 1500 rpm 358 ppm vol, pada putaran 1800 rpm 119 ppm vol, pada putaran 2100 rpm 267.67 ppm vol, dan pada putaran 2400 rpm sebesar 178.67 ppm vol.

Jadi menurut Grafik Hubungan Emisi Gas Buang HC Terhadap Putaran (gambar 11) dapat diketahui bahwa menggunakan bahan bakar gas LPG akan menghasilkan pembakaran yang sempurna di dalam ruang bakar sehingga kandungan emisi hidrokarbon (HC) yang dihasilkan lebih rendah apabila dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar premium.

4.2.4. Pengujian Emisi Gas Buang CO2

Dari gambar 12. Dapat diketahui bahwa kadar emisi gas buang CO_2 pada penggunaan bahan bakar gas LPG lebih rendah dari pada menggunakan bahan bakar premium. Hal ini terlihat pada putaran 1200 rpm sampai dengan 2400 rpm penggunaan bahan bakar gas LPG menghasilkan kadar emisi gas buang CO_2 lebih rendah apabila dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar premium. Artinya dengan penggunaan bahan bakar gas LPG emisi gas buang CO_2 lebih ramah terhadap lingkungan.



	1200	1500	1800	2100	2400
LPG	2.94	3.38	3.17	3.74	3.54
Bensin	3.74	3.6	3.47	4.42	4.34

Gambar 12. Grafik Hubungan Emisi Gas Buang CO_2 Terhadap Putaran.

Jadi penggunaan bahan bakar gas LPG akan menghasilkan pembakaran yang sempurna di dalam ruang bakar sehingga kandungan emisi gas karbondioksida (CO_2) yang dihasilkan lebih rendah jika dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar premium.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Penggunaan bahan bakar LPG selain dapat memperkecil perbandingan udara dan bahan bakar (AFR) juga dapat menurunkan emisi gas buang CO, HC dan CO_2. Emisi gas buang CO terendah yang dihasilkan pada putaran 1500 rpm adalah 0.49% vol, CO_2 terendah pada putaran 1200 rpm sebesar 2.94% vol, sedangkan HC tertinggi pada putaran 1500 rpm sebesar 358% vol.
2. Penggunaan bahan bakar LPG pada motor 4 langkah menyebabkan pemakaian bahan bakar lebih hemat dan emisi gas buang yang lebih rendah sehingga ramah terhadap lingkungan, jika dibandingan dengan penggunaan bahan bakar premium. Hal ini disebabkan pada jenis bahan bakar LPG memiliki kesamaan aliran dalam mengalirkan bahan bakar dan udara ke dalam silinder, yaitu memberikan efek aliran yang sama.

Daftar Pustaka

Artikel jurnal:

Sarjono, dan Yanto, D.f, 2011, *Pengaruh Penggunaan Bahan bakar Biopremium E10 Terhadap Performance Motor Jupiter Z 2004*, Jurnal Simetris, STTR Cepu.

Sarjono, 2018, *Studi Eksperimental Variasi Celah Katup Hisap dan Katup Buang Terhadap Performance Speda Motor Langkah Menggunakan Bahan Bakar Biopremium E10*, Jurnal Simetris, STTR Cepu.

Utami Handayani, Sri., 2006, *Pemanfaatan Bioethanol Sebagai Bahan Bakar Pengganti Bensin*, Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.

Buku :

Anonim, 1998, *Spesifikasi Bahan Bakar Minyak dan Gas*, Direktorat Pembekalan Pemasaran Dalam Negeri, Jakarta.

Arends, BPM & Berenschot, H.,1987, *Motor Bensin*, Penerbit Erlangga, Jakarta.

Arismunandar, Wiranto, Prof, Ir, 1994, *Penggerak Mula Motor Bakar Dan Motor Bakar Torak*, ITB Bandung, edisi keempat cetakan ke dua.

Buku Panduan, *Manual Operasional Emisi Gas Analyzer Mexa-554J*, Dishub Blora.

Haryono, G., 1984, *Uraian Praktis Mengenal Motor Bakar*, CV. Aneka Ilmu, Semarang.
Khovakh, M, 1979, *Motor Vehicle Engine*, Mir Publishers, Moscow.
N. Petrovski, 1979, "*Marine Combustion Engine*", Mir Publishers, Moscow.

Buku Kompilasi (edited book)

Prosiding seminar:

Skripsi/tesis/disertasi:

Rizky Dwijaya Hermanu Aji, 2011, *Pengaruh Penggunaan Bahan Bakar LPG Terhadap Emisi Gas Buang Pada Suzuki Shogun FD110*, Skripsi, STTR Cepu

Internet:

Http://id.shvoong.com/tags/ethanol-vs-premium, diakses tanggal 1 juli 2010, jam 19:50:21.
Http://mahasiswadepag.wordpress.com, diakses tanggal 27 juli 2010 jam 20:24:40.
Http://joesty.blogspot.com/2010/01/nilai-octan.html, diakses tanggal 27 juli 2010, jam 22:24:12.
Http://forum.kafegaul.com/premium-campur-ethanol.html, diakses tanggal 27 juli, jam 21:15:25.
Http://www.motorplus-online.com, diakses tanggal 28 juli 2010, jam 10:12:15.

.