

## KARAKTERISTIK KINERJA DAN EMISI *DUAL FUEL* ENGINE BERBASIS CAMPURAN LPG DAN BIOETANOL SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF

Muhammad Firdaus Jauhari<sup>1</sup>, Rusmini Sri Maryati<sup>2</sup>  
Politeknik Negeri Banjarmasin<sup>1,2</sup>  
firdaus.jauhari@poliban.ac.id  
rusmini\_sri42@yahoo.co.id

### ABSTRACT

The purpose of this research look for gasoline engine optimization with a fuel mixture of LPG and bioethanol through valve adjustment of bioethanol flow, gas flow valve on converter kits and engine rotation. Automobile fuel system created with the concept of dual fuel, which allows the car can be operated with gasoline or LPG and bioethanol mixture alternately. This combination to get a cheaper operating costs and reduce exhaust emissions compared with gasoline. The object of this research is the engine of the Suzuki Ertiga Dreza K14B. Expected outcomes is a recommendation LPG and bioethanol engine tuning for optimum torque, optimum CO and HC optimum.

This study used an experimental method plots divided. Gas valve openings varied at 30%; 50%; and 70%. Bioethanol valve openings varied at 40%; 50%; and 60%. Engine rotation varied at 750 rpm; 2000 rpm; and 3000 rpm. With three variables and three levels sought the combination of emissions (CO, HC) and optimum torque.

Lowest CO emission obtained in 30% gas valve opening and the engine rotation 750 rpm. Lowest HC emission obtained in 50% gas valve opening and the engine rotation 3000 rpm. Optimum torque is obtained at 50% gas valve opening and the engine rotation 3000 rpm. Meanwhile, the valve openings bioethanol does not have a significant effect.

**Keywords:** gasoline engine, bioethanol, LPG, rpm, optimum.

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mencari optimasi prestasi mesin bensin berbahan bakar campuran LPG dan bioetanol melalui penyetelan katup aliran bioetanol, katup aliran gas pada *converter kits* dan putaran mesin. Sistem bahan bakar mobil dibuat dengan konsep *dual fuel* yang memungkinkan mobil dapat dioperasikan dengan bensin atau dengan campuran LPG dan bioetanol secara bergantian. Kombinasi ini untuk mendapatkan biaya operasional yang lebih murah dan mengurangi emisi gas buang dibanding dengan bahan bakar premium. Objek pada penelitian ini adalah mesin Suzuki Ertiga Dreza K14B. Luaran yang diharapkan adalah suatu rekomendasi penyetelan mesin LPG dan bioetanol pada kondisi torsi optimum, CO optimum, dan HC optimum.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen petak-petak terbagi. Katup aliran gas divariasikan pada bukaan 30%; 50%; dan 70%. Katup aliran bioetanol divariasikan pada bukaan 40%; 50%; dan 60%. Putaran mesin divariasikan pada 750 rpm; 2000 rpm; dan 3000 rpm. Dari tiga variabel dan tiga level tersebut kemudian dicari kombinasi untuk menghasilkan emisi (CO, HC) dan torsi yang optimum.

Emisi CO terendah diperoleh pada bukaan katup gas 30% dan putaran mesin 750 rpm. Emisi HC terendah diperoleh pada bukaan katup gas 50% dan putaran mesin 3000 rpm. Torsi optimum diperoleh pada bukaan katup gas 50% dan putaran mesin 3000 rpm. Sedangkan bukaan katup bioetanol tidak berpengaruh signifikan.

**Kata kunci:** mesin bensin, bioetanol, lpg, putaran, optimum.

## PENDAHULUAN

Kekayaan gas alam Indonesia yang besar dan melimpah, jumlah subsidi bahan bakar minyak dan energi yang sangat besar, serta kondisi Indonesia yang sudah menjadi netimportir minyak patut menjadi alasan bagi Indonesia untuk segera melakukan program konversi BBM ke bahan bakar gas (BBG).

Cadangan gas bumi Indonesia mencapai 152,89 TSCF merupakan jumlah yang sangat besar jika dibandingkan dengan jumlah gas yang sudah diproduksi. Pada tahun 2012 saja jumlah produksi gas kita hanya sekitar 3,17 TSCF (hanya sekitar 2,07% dari total cadangan gas bumi atau hanya 3,03% dari total cadangan terbukti).<sup>1</sup> Ditambah lagi, jumlah yang dikonsumsi di dalam negeri hanya separuh dari jumlah produksi. Hal ini berarti Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk mengembangkan gas sebagai bahan bakar pengganti BBM. Penggunaan LPG di kendaraan juga secara jelas disebutkan di Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2016-2025.

Jumlah kendaraan yang semakin meningkat setiap tahun. Pertumbuhannya berbanding terbalik dengan ketersediaan bahan bakar minyak (BBM) yang terus berkurang. Pemakaian bahan bakar minyak berpengaruh negatif terhadap dua hal pokok. Pertama, pengaruh terhadap ketersediaan bahan bakar. Kedua, pengaruh terhadap peningkatan emisi gas buang yang berimbas pada pemanasan global. Salah satu energi alternatif pengganti bahan bakar minyak untuk kendaraan adalah bahan bakar gas (BBG). Beberapa jenis BBG diantaranya adalah Liquid Petroleum Gas (LPG), Compression Natural Gas (CNG), Liquid Natural Gas (LNG) dan gas hydrogen. Perkembangan konversi BBM ke BBG di Indonesia hingga saat ini belum terlihat secara nyata. Infrastruktur utama seperti stasiun pengisian bahan bakar gas yang belum mendukung merupakan kendala dalam pengembangan ini. Mobil berbahan bakar gas dapat berkembang jika tersedia stasiun pengisian BBG yang tersebar di seluruh wilayah. LPG memiliki beberapa keunggulan dari segi teknis dan ekonomis. Tekanan LPG dalam tangki antara 1,0 sampai 1,2 MPa, sedangkan CNG mencapai sekitar 20 MPa.

Beberapa hasil penelitian menyebutkan kendaraan berbahan bakar LPG dapat menurunkan emisi gas buang dan menghemat pemakaian bahan bakar. Dari sisi besarnya tekanan dalam tangki dan faktor ketersediaan di daerah, LPG relatif lebih aman untuk dikembangkan sebagai bahan bakar kendaraan di Indonesia.

Informasi mengenai LPG sebagai bahan bakar kendaraan sudah banyak ditemukan, tetapi pada kenyataannya aplikasi secara nyata belum banyak dilihat. Di Indonesia, LPG kemasan 3 kg merupakan salah satu bahan bakar gas yang termurah, sedangkan bioetanol relatif lebih mahal daripada bensin. Di sisi lain pengaruh penambahan bioetanol pada mesin otomotif telah terbukti tidak menimbulkan masalah teknis dan sangat ramah lingkungan. Dalam penelitian ini sistem bahan bakar mobil dibuat dengan konsep *dual fuel*. Sistem *dual fuel* memungkinkan mobil dapat dioperasikan dengan bensin atau dengan campuran LPG dan bioetanol secara bergantian. Kombinasi sistem bahan bakar ini ditujukan untuk mendapatkan biaya operasional yang lebih murah dan mengurangi emisi gas buang dibanding penggunaan dengan bahan bakar bensin.

Pemanfaatan campuran LPG dan bioetanol sebagai bahan bakar mobil bensin menggunakan *converter kits*. Ada dua jenis *converter kits*, yaitu tipe konvensional dan tipe *sequensial*. Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin Suzuki Ertiga Drezza K14B berkapasitas mesin 1400cc. Sebuah *converter kits*

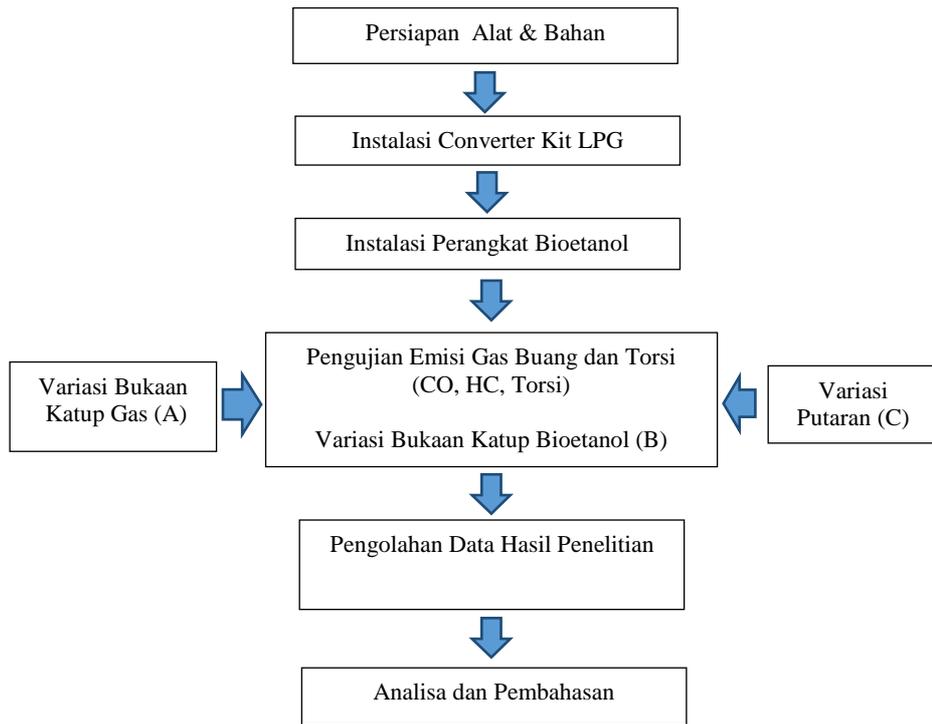
*squential* dipasang pada mesin tersebut dengan sistem *dual fuel*. Pada saat observasi lapangan dan laporan penelitian-penelitian sebelumnya yang terkait, ada dua variabel yang berpengaruh signifikan terhadap performa mesin dan emisi gas buang, kedua variabel tersebut adalah (1) bukaan katup aliran gas, dan (2) saat pengapian. Namun untuk mobil Ertiga saat pengapian selalu berubah secara otomatis menyesuaikan campuran bahan bakar sehingga pada penelitian ini ditetapkan tiga variabel yaitu (1) bukaan katup aliran gas LPG, (2) bukaan katup aliran bioetanol dan (3) putaran mesin. Tujuan utama dari pengujian eksperimental ini adalah mempelajari pengaruh campuran LPG dan bioetanol sebagai bahan bakar alternatif mobil terhadap karakteristik kinerja dan emisi gas buang mesin bensin. Permasalahan yang umum timbul pada saat pemasangan converter kits adalah belum adanya suatu spesifikasi pada setting pengapian dan bukaan katup aliran gas. Penyetelan biasanya dilakukan sampai didapat putaran stasioner paling tinggi. Penyesuaian bukaan katup aliran dilakukan secara kualitatif sampai didapat akselerasi yang terbaik dengan cara melihat respon mesin saat *throttle valve* dibuka dengan cepat. Sedangkan bioetanol dalam fasa campuran/kabut dialirkan ke saluran masuk (*air induction system*) berdasarkan tingkat kevakuman *intake manifold*. Optimasi ketiga variabel diatas akan dicari untuk mendapatkan kinerja dan emisi yang optimum pada mesin bensin.

## **METODE PENELITIAN**

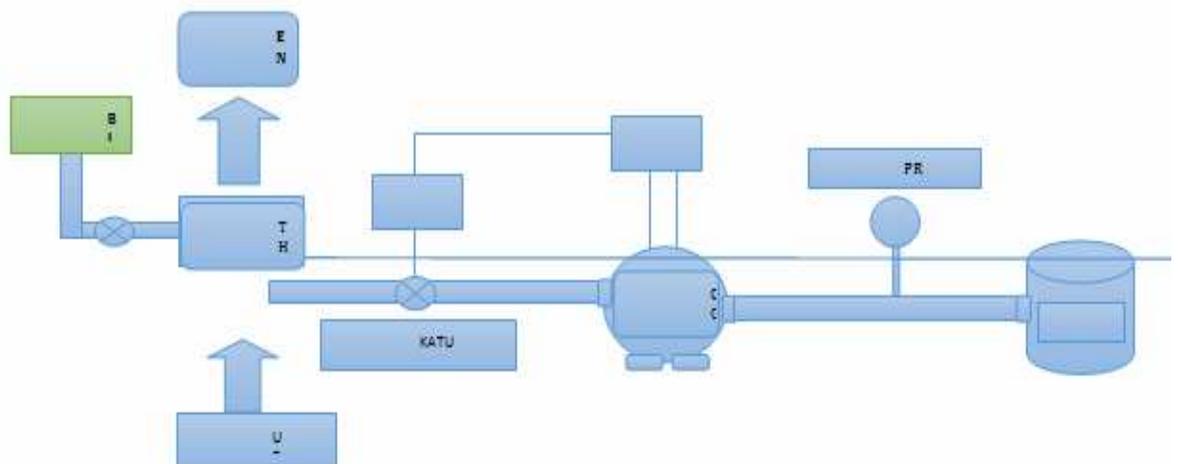
Metode penelitian yang akan dilakukan menggunakan metode eksperimental yaitu penelitian yang dilakukan dengan menggunakan manipulasi terhadap obyek penelitian serta adanya kontrol. Kerangka konsep penelitian yang akan dilakukan dapat dijelaskan dengan gambar 1. diagram alir dibawah ini.

### **Instalasi Percobaan**

Tabung LPG diletakkan pada bagasi bagian belakang mobil. *Converter kits* diletakkan di ruang mesin. LPG dari tabung dialirkan ke *converter kits* melalui *hydraulic house*. LPG fasa gas dimasukkan ke mesin melalui *filling system* gas yang terhubung dengan *throttle body*. Tabung bioetanol dihubungkan dengan *throttle body* melalui selang, dengan memanfaatkan kevakuman di saluran intake maka bioetanol akan terhisap masuk bersama gas LPG ke dalam mesin. Skema aliran gas dari tabung sampai ke intake manifold disajikan dalam gambar 2.



Gambar 1. Diagram Alir



Gambar 2. Instalasi Percobaan

## Perancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan petak-petak terbagi. Perlakuannya adalah tiga taraf bukaan katup gas (A) sebagai petak utama, tiga taraf bukaan katup bioetanol (B) sebagai anak-petak, tiga variasi putaran mesin (C) sebagai anak-anak petak. Jumlah unit percobaan tiga variasi bukaan katup gas (A) x tiga variasi bukaan katup bioetanol (B) x tiga variasi putaran mesin (C) seperti pada tabel 1. Adapun parameter yang diukur adalah (1) gas carbon monoksida, (2) gas hidrocarbon, dan (3) torsi.

Tabel 1. Batasan dan lingkup penelitian

Kode	Variabel bebas / factor	Level 1	Level 2	Level 3
A	Bukaan katup aliran gas, (%)	30	50	70
B	Bukaan katup aliran bioetanol, (%)	40	50	60
C	Putaran mesin, (Rpm)	750	2000	3000

Keterangan :

1. Katup aliran tertutup penuh dianggap terbuka 0 % dan terbuka penuh dianggap terbuka 100 %.
2. Putaran *stasioner* dianggap 750 rpm.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian dari emisi gas buang berupa Carbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC) serta Torsi dengan rancangan petak-petak terbagi dimana bukaan katup gas sebagai faktor (A), bukaan katup aliran bioetanol sebagai faktor (B) dan putaran mesin sebagai faktor (C).

### 1. Analisa Emisi Gas Buang Carbon Monoksida

Dari analisis data yang dilakukan terhadap tiga faktor yang berpengaruh terhadap emisi gas buang CO yaitu bukaan aliran gas (A) bukaan aliran bioetanol (B) dan putaran mesin (C) maka yang paling berpengaruh nyata adalah interaksi antara bukaan aliran gas (A) dengan putaran mesin (C). Hal ini dapat dijelaskan bahwa berdasarkan taraf signifikansi antara kedua faktor tersebut adalah 0.000 berarti lebih kecil dari 0.05 sehingga dapat disimpulkan bahwa emisi gas carbon monoksida dipengaruhi oleh bukaan aliran gas dan putaran mesin.

Tabel 2. Uji Anova terhadap CO  
**Tests of Between-Subjects Effects**  
 Dependent Variable: CO\_Y1

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	15.333 <sup>a</sup>	6	2.556	10.952	.000
Intercept	108.000	1	108.000	462.857	.000
Bukaan_gas	6.889	2	3.444	14.762	.000
Bukaan_bioet	.222	2	.111	.476	.628
Putaran_rpm	8.222	2	4.111	17.619	.000
Error	4.667	20	.233		
Total	128.000	27			
Corrected Total	20.000	26			

a. R Squared = ,767 (Adjusted R Squared = ,697)

### Uji Lanjutan Dunnet

Untuk mengetahui beda rerata perlakuan antar faktor yang berpengaruh terhadap emisi gas buang CO maka dilakukan Uji Dunnet

#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: CO\_Y1

Dunnett t (2-sided)<sup>a</sup>

(I) Bukaan_gas	(J) Bukaan_gas	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
30 %	70 %	-1.2222 <sup>*</sup>	.22771	.000	-1.7639	-.6806
50 %	70 %	-.7778 <sup>*</sup>	.22771	.005	-1.3194	-.2361

Dari Uji Dunnet diatas maka yang memiliki signifikansi adalah pada bukaan gas antara 30% dan 70% artinya perlakuan terbaik berada diantara 30% sampai dengan 70% sehingga dapat direkomendasikan bahwa bukaan aliran gas dapat dilakukan baik pada bukaan 30%, 50% maupun 70% dan ini akan berpengaruh signifikan terhadap emisi gas buang Carbon Monoksida.

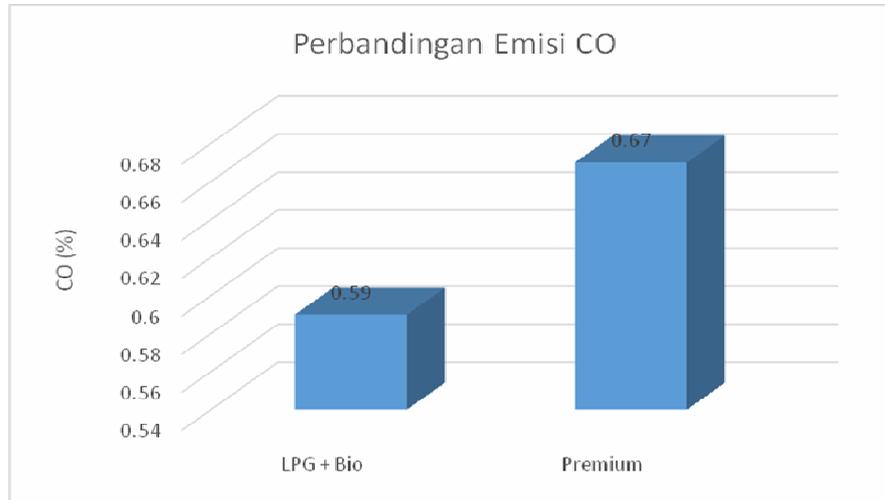
#### Multiple Comparisons

Dependent Variable: CO\_Y1

Dunnett t (2-sided)<sup>a</sup>

(I) Putaran_rpm	(J) Putaran_rpm	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
750 RPM	3000 RPM	-1.1111 <sup>*</sup>	.22771	.000	-1.6528	-.5695
2000 RPM	3000 RPM	-1.2222 <sup>*</sup>	.22771	.000	-1.7639	-.6806

Sedangkan perlakuan terbaik dari uji Dunnett untuk pengaruh putaran mesin adalah antara putaran 2000 rpm sampai dengan 3000 rpm, hal ini dapat dibuktikan bahwa pada putaran ini memiliki tingkat emisi terendah yaitu pada kisaran 2000 sampai 3000 rpm.



## 2. Analisa Emisi Gas HidroCarbon (HC)

Dari analisis data yang dilakukan terhadap tiga faktor yang berpengaruh terhadap emisi gas buang HC yaitu bukaan aliran gas (A) bukaan aliran bioetanol (B) dan putaran mesin (C) maka yang sangat berpengaruh terhadap emisi gas buang HC adalah bukaan katup aliran gas (A) dan putaran mesin (C). Hal ini dapat dilihat dari uji ANOVA pada tabel dibawah ini.

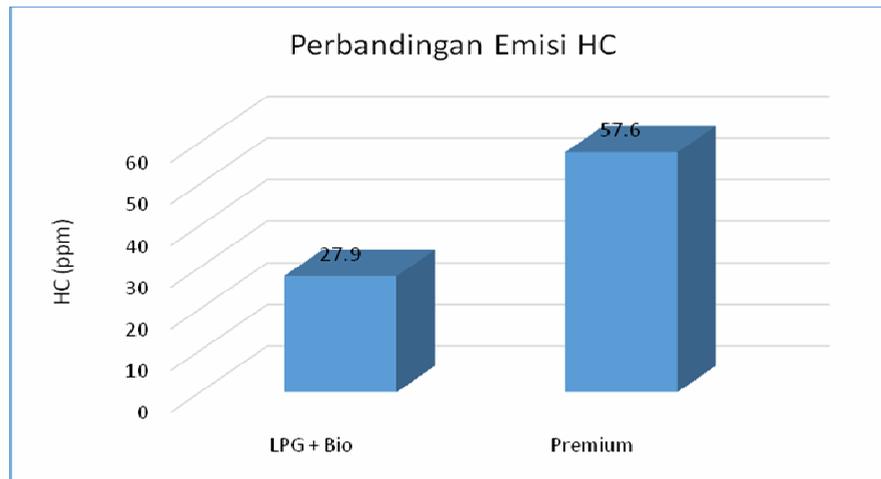
### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: HC\_Y2

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	17.333 <sup>a</sup>	6	2.889	43.333	.000
Intercept	65.333	1	65.333	980.000	.000
Bukaan_gas	16.667	2	8.333	125.000	.000
Bukaan_bioet	.000	2	.000	.000	1.000
Putaran_rpm	.667	2	.333	5.000	.017
Error	1.333	20	.067		
Total	84.000	27			
Corrected Total	18.667	26			

a. R Squared = ,929 (Adjusted R Squared = ,907)

Selanjutnya diuji perlakuan terbaik bukaan aliran gas yang mempengaruhi emisi gas buang HC yaitu dengan uji Dunnet. Didapatkan hasil perlakuan terbaik dari aliran gas yaitu antara 30% sampai dengan 70% artinya semua bukaan aliran gas berpengaruh nyata terhadap emisi gas buang hidrokarbon baik pada bukaan 30%, 50% maupun 70% karena memiliki nilai signifikansi yang sama. Sedangkan perlakuan terbaik untuk putaran mesin didapatkan pada putaran antara 2000 rpm dan 3000 rpm.



### 3. Analisis Torsi

#### Tests of Between-Subjects Effects

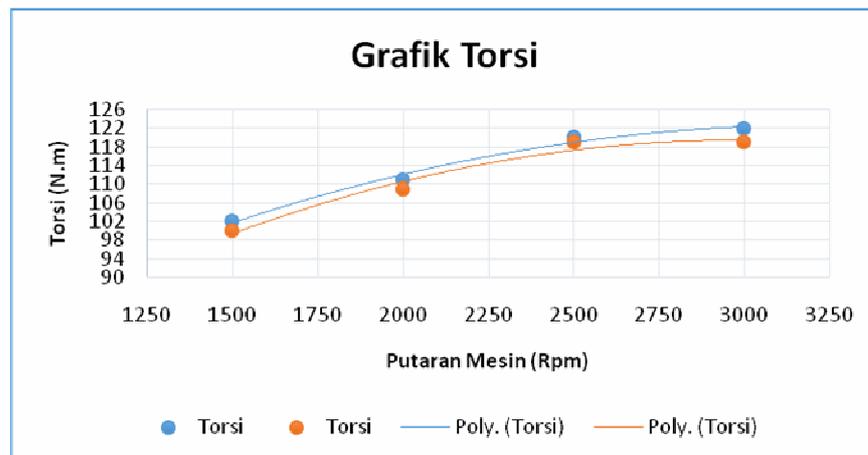
Dependent Variable: Torsi\_Y3

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	6.444 <sup>a</sup>	6	1.074	5.918	.001
Intercept	88.926	1	88.926	490.000	.000
Bukaan_gas	1.852	2	.926	5.102	.016
Bukaan_bioet	.074	2	.037	.204	.817
Putaran_rpm	4.519	2	2.259	12.449	.000
Error	3.630	20	.181		
Total	99.000	27			
Corrected Total	10.074	26			

a. R Squared = ,640 (Adjusted R Squared = ,532)

Dari data diatas maka faktor yang mempengaruhi torsi dari ketiga faktor tersebut adalah bukaan katup aliran gas (A) dan putaran mesin (C). Sedangkan bukaan katup bioetanol tidak berpengaruh terhadap torsi.

Untuk mengetahui perlakuan terbaik yang mempengaruhi torsi dilakukan uji Dunnet, dan didapatkan perlakuan terbaik yaitu pada bukaan katup gas antara 30% sampai dengan 70%. Artinya semua varian pada bukaan katup aliran gas berpengaruh signifikan pada torsi yang dihasilkan. Adapun untuk putaran mesin juga berpengaruh terhadap Torsi. Perlakuan terbaik putaran mesin adalah pada kondisi 750 rpm yaitu memiliki signifikansi 0.000 .



## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan analisis data awal yang dilakukan tentang karakteristik kinerja dan emisi gas buang menggunakan campuran LPG dan bioetanol bisa diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Emisi CO dipengaruhi oleh faktor bukaan katup aliran gas (A) dan putaran mesin (C). Perlakuan terbaik bukaan gas adalah pada perlakuan 30% sampai dengan 70%. Sedangkan perlakuan putaran adalah pada perlakuan 750 rpm, 2000 rpm dan 3000 rpm. Hal ini membuktikan bahwa semua pengaruh bukaan katup gas dan putaran mesin secara bersama-sama berpengaruh terhadap emisi gas carbon monoksida.
- Emisi HC dipengaruhi oleh faktor bukaan katup aliran gas (A) dan putaran mesin (C). Perlakuan terbaik bukaan katup gas adalah pada perlakuan 30% sampai dengan 70%. Sedangkan perlakuan putaran adalah pada perlakuan 2000 rpm dan 3000 rpm. Hal ini membuktikan bahwa semua pengaruh bukaan gas dan putaran mesin secara bersama-sama berpengaruh terhadap emisi hidro carbon.
- Torsi dipengaruhi oleh faktor bukaan katup aliran gas (A) dan putaran mesin (C). Perlakuan terbaik bukaan gas adalah pada perlakuan 30% sampai dengan 70%. Sedangkan perlakuan putaran mesin terbaik adalah pada perlakuan 750 rpm. Hal ini membuktikan bahwa semua pengaruh bukaan gas dan putaran mesin secara bersama-sama berpengaruh terhadap torsi.
- Output emisi (CO dan HC) dan torsi lebih besar dipengaruhi oleh bukaan katup aliran gas dan putaran mesin, sedangkan bukaan katup bioetanol berpengaruh tidak signifikan.

## Saran

- Untuk penelitian lanjutan, perlu dilakukan penyesuaian faktor bukaan katup bioetanol yang lebih besar agar mendapatkan gambaran pengaruh dari faktor tersebut.
- Bisa dilakukan penelitian lanjutan untuk putaran mesin yang lebih tinggi sehingga mendapatkan karakteristik yang lebih lengkap.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ditjen Migas, <http://www.migas.esdm.go.id/>
- Brenda Brevitt, 2002, *Alternative Vehicle Fuels*, Science Environment Section, House of Commons Library, Research Paper 02/11.
- ETSAP, 2010, *Automotive LPG and Natural Gas Engines*, Technology Brief T03 – April 2010 - [www.etsap.org](http://www.etsap.org)
- R.R. Saraf, S.S.Thipse and P.K.Saxena, 2009, *Comparative Emission Analysis of Gasoline/LPG Automotive Bifuel Engine*, *International Journal of Civil and Environmental Engineering* 1:4 2009.
- M.A. Ceviz, F. Yuksel, 2005, *Cyclic variations on LPG and gasoline-fuelled lean burn SI engine*, *Renewable Energi* 31 (2006) 1950–1960
- Nakata, K. 2006. *The Effect of Ethanol Fuel on a Spark Ignition Engine*, SAE Technical Papers, US & Canada
- Tri Agung Rohmat dan Harwin Saptoadi, 2003, *Pengaruh Waktu Penyalaan Terhadap Kinerja Spark-Ignition Engine Berbahan Bakar LPG*, *Media Teknik* No.3 Tahun XXV edisi Agustus 2003 ISSN 0216-3012.
- Mieczysław Dziubiński et.al, 2007, *Testing Of An Ignition System In A Car Run On Various Fuels*, *Teka Kom. Mot. Energ. Roln. - OL PAN*, 2007, 7, 97–104
- Kazimierz Lejda, Artur Jaworski, 2008, *Influence of liquid LPG injection pressure on the injection control*, *TEKA Kom. Mot. Energ. Roln. – OL PAN*, 2008, 8, 141–148
- Tasik T et.al, 2011, *Gasoline and LPG Exhaust Emissions Comparison*, *Advances in Production Engineering and Management*, 6(2011)2,87-94, ISSN 1854-6250
- Saulius Mockus et.al, 2006, *Analysis Of Exhaust Gas Composition Of Internal Combustion Engines Using Liquefied Petroleum Gas*, *Journal Of Environmental Engineering And Landscape Management* 2006, Vol XIV, No 1, 16–22
- R K Mandloi and A Rehman, 2010, *Long Term Continuous Use Of Auto- LPG Causes Thermal Pitting In Automotive S.I. Engine Parts*, *International Journal of Engineering Science and Technology* Vol. 2(10), 2010, 5907-5911
- Muji Setiyo dan Bagyo Condro, 2012, *Optimasi pemanfaatan LPG sebagai bahan bakar kendaraan melalui penyetelan converter kits dan saat pengapian*, Laporan Penelitian Mandiri, Unmuh Magelang
- Shankar K. S and Mohanan P, 2011, *MPFI Gasoline Engine Combustion, Performance And Emission Characteristics With LPG Injection*, *International Journal Of Energy And Environment* Volume 2, Issue 4, 2011 pp.761-770