Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Putaran terhadap Performa Motor Bakar Berbahan Bakar Gas LPG

Damar Pranoya[1], Rifki Hermana[2], Muhamad Safi'i[3]

[1,2,3)]Teknik Mesin, Teknik dan Informatika, Universitas Persatuan Guru Republik Indonesia Semarang, Jawa Tengah 50232, Indonesia.
Email Penulis Korespondensi : [2] rifkihermana@upgris.ac.id

INFO ARTIKEL

Keywords:
LPG
Engine Speed
Carburetor Valve Opening
Torque
Power
Thermal Efficiency

ABSTRAK

Penggunaan *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) sebagai bahan bakar alternatif pada motor bakar sistem pengapian busi perlu dikaji untuk mengetahui karakteristik performanya pada berbagai kondisi operasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh putaran mesin, bukaan katup karburator, dan pembebanan terhadap performa motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc berbahan bakar LPG. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat berupa data eksperimental sebagai referensi evaluasi penggunaan LPG pada motor bakar sistem karburator. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental dengan alat *dynamometer water brake*. Variabel bebas meliputi putaran mesin pada 1.500, 2.000, 2.500, dan 3.000 Rpm, variasi bukaan katup karburator, serta pembebanan. Variabel terikat meliputi Rpm aktual, torsi, daya keluaran, konsumsi LPG, laju aliran bahan bakar, daya masukan bahan bakar, dan efisiensi termal. Pengujian dilakukan selama 30 detik pada setiap kondisi pengujian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada putaran 1.500 Rpm, torsi tercatat sebesar 8,16–12,19 Nm, daya keluaran 15,55–20,44, dan efisiensi termal 4,20–5,82%. Pada 2.000 Rpm, torsi sebesar 15,84–20,15 Nm, daya keluaran 38,88–42,50, dan efisiensi termal 12,69–13,31%. Pada 2.500 Rpm, torsi sebesar 18,06–22,06 Nm, daya keluaran 55,16–60,76, dan efisiensi termal 25,42–34,01%. Sementara itu, pada 3.000 Rpm, torsi sebesar 21,63–26,58 Nm, daya keluaran 74,93–78,82, dan efisiensi termal 51,47–58,71%. Secara umum, hasil menunjukkan kecenderungan peningkatan torsi dan efisiensi termal seiring kenaikan putaran mesin, sedangkan daya keluaran pada 3.000 Rpm menunjukkan perbedaan antarkondisi pembebanan. Hasil penelitian dapat diimplementasikan sebagai referensi teknis untuk mengevaluasi karakteristik performa mesin berbahan bakar LPG dan menjadi dasar bagi penelitian lanjutan mengenai pengaturan putaran, bukaan katup karburator, dan pembebanan.

Keywords:
LPG
Engine Speed
Carburetor Valve Opening
Torque
Power
Thermal Efficiency

Abstract

The use of Liquefied Petroleum Gas (LPG) as an alternative fuel for spark-ignition internal combustion engines requires investigation to understand its performance characteristics under various operating conditions. This study aims to analyze the effects of engine speed, carburetor throttle opening, and load on the performance of a 1000 cc Daihatsu Zebra Espass engine fueled by LPG. The research is intended to provide experimental data that can serve as a reference for evaluating the use of LPG in carbureted internal combustion engines. A quantitative experimental approach was employed, utilizing a water-brake dynamometer. Independent variables included engine speeds of 1,500, 2,000, 2,500, and 3,000 Rpm, variations in carburetor throttle opening, and engine load. Dependent variables included actual Rpm, torque, power output, LPG consumption, fuel flow rate, fuel input power, and thermal efficiency. Each test condition was maintained for 30 seconds. The results indicate that at 1,500 Rpm, torque ranged from 8.16–12.19 Nm, power output from 15.55–20.44, and thermal efficiency from 4.20–5.82%. At 2,000 Rpm, torque ranged from 15.84–20.15 Nm, power output from 38.88–42.50, and thermal efficiency from 12.69–13.31%. At 2,500 Rpm, torque ranged from 18.06–22.06 Nm, power output from 55.16–60.76, and thermal efficiency from 25.42–34.01%. Meanwhile, at 3,000 rpm, the torque ranges from 21.63–26.58 Nm, power output from 74.93–78.82, and thermal efficiency from 51.47–58.71%. In general, the results indicate a trend of increasing torque and thermal efficiency as engine speed rises, while the power output at 3,000 Rpm varies depending on the loading conditions. These research findings can serve as a technical reference for evaluating the performance characteristics of LPG-fueled engines and provide a basis for further research concerning engine speed settings, carburetor valve openings, and loading.

JuKSITis licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License

Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

1. PENDAHULUAN

Motor bakar *spark ignition* (SI) merupakan mesin pembakaran dalam yang banyak digunakan sebagai penggerak kendaraan. Kinerjanya dipengaruhi oleh kemampuan mengubah energi kimia bahan bakar menjadi energi mekanik. Salah satu bahan bakar alternatif yang dapat digunakan adalah *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) yang memiliki karakteristik pembakaran berbeda dari bensin sehingga menghasilkan karakteristik performa yang berbeda [1]. Penggunaan LPG pada motor SI juga menunjukkan perbedaan daya dan konsumsi bahan bakar dibandingkan bensin [2], sedangkan efisiensinya dipengaruhi oleh kondisi pengoperasian mesin [3].

Pada motor SI dengan sistem karburator, jumlah campuran udara dan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar dipengaruhi oleh bukaan katup gas (*throttle*) [4]. Perubahan bukaan katup menyebabkan perubahan luas saluran aliran sehingga jumlah campuran yang masuk ke dalam silinder juga berubah [5]. Kondisi tersebut dapat memengaruhi proses pembakaran dan selanjutnya memengaruhi daya, konsumsi bahan bakar, efisiensi termal, serta parameter performa lainnya [4]. Penelitian pada berbagai posisi *throttle* menunjukkan bahwa perubahan bukaan katup dapat menghasilkan perbedaan efisiensi termal dan konsumsi bahan bakar pada motor SI [5]. Selain bukaan katup, putaran mesin atau RPM juga merupakan parameter penting karena perubahan putaran memengaruhi frekuensi siklus pembakaran dan kebutuhan bahan bakar mesin. Variasi putaran pada motor SI berbahan bakar LPG menunjukkan adanya perubahan daya dan konsumsi bahan bakar pada kondisi operasi yang berbeda [6]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh Rpm dan bukaan katup karburator terhadap performa motor bakar *spark ignition* Daihatsu Zebra Espass 1000 cc berbahan bakar LPG [2]. Variasi putaran yang digunakan adalah 1.500, 2.000, 2.500, dan 3.000 Rpm dengan variasi bukaan katup karburator. Parameter performa yang dianalisis meliputi torsi, daya poros, konsumsi bahan bakar LPG, laju aliran bahan bakar, daya masukan bahan bakar, dan efisiensi termal [1].

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi eksperimental mengenai karakteristik performa motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc ketika menggunakan LPG dengan variasi Rpm dan bukaan katup karburator. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai data untuk mengetahui perubahan torsi, daya, konsumsi bahan bakar, dan efisiensi termal pada berbagai kondisi pengoperasian mesin [3]. Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya mengenai pemanfaatan LPG sebagai bahan bakar alternatif pada motor bakar SI dengan sistem karburator [7]. Penelitian mengenai penggunaan LPG pada motor SI telah banyak dilakukan dengan variasi sistem pemasokan bahan bakar, kapasitas mesin, kondisi pembebanan, dan parameter pengujian yang berbeda. Namun, sebagian besar penelitian menggunakan sistem injeksi, mesin dengan kapasitas yang berbeda, atau memfokuskan penelitian pada parameter dan kondisi operasi tertentu. Penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh Rpm dan bukaan katup karburator terhadap performa motor SI berkapasitas 1000 cc berbahan bakar LPG masih terbatas. Perbedaan karakteristik mesin dan sistem pemasukan bahan bakar menyebabkan hasil penelitian terdahulu belum dapat secara langsung menggambarkan karakteristik motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc dengan sistem karburator. Kondisi tersebut menjadi dasar dilakukannya penelitian untuk memperoleh data eksperimental yang lebih spesifik terhadap objek dan variabel penelitian.

Penelitian mengenai performa motor berbahan bakar LPG telah dilakukan dengan berbagai variasi parameter. Pengujian LPG pada putaran 2.000–4.000 Rpm dengan bukaan *throttle* 25% dan 50% menunjukkan bahwa pada *throttle* 25% dan putaran 3.500 rpm, sistem injeksi LPG dapat meningkatkan daya hingga 99,52% dibandingkan bensin dan 84,84% dibandingkan karburasi LPG, serta menghasilkan BSFC yang lebih rendah pada sebagian besar kondisi pengujian [7]. Penelitian dengan variasi *valve lift* 7 dan 8 mm pada putaran 1.700–3.200 Rpm menunjukkan bahwa pada 2.600 Rpm dan *valve lift* 7 mm, torsi LPG sebesar 17,37 Nm, lebih rendah 8,82% dibandingkan bensin sebesar 19,05 Nm, sedangkan BSFC meningkat 7,25% [8]. Variasi luas *venturi mixer* sebesar 705, 960, dan 1.256 mm² pada mesin LPG 1.500 cc menunjukkan bahwa luas *venturi* berpengaruh terhadap daya mesin, dengan luas 960 mm² atau diameter 35 mm menjadi konfigurasi yang sesuai [9]. Pada sistem injeksi langsung LPG dengan berbagai bukaan *throttle*, emisi HC dapat berkurang hingga 93% pada 25% *throttle* dan 88% pada 100% *throttle* dibandingkan sistem injeksi *manifold* [10]. Pengujian LPG pada putaran 1.500–4.000 Rpm dengan bukaan *throttle* 25%, 50%, 75%, dan 100% juga menunjukkan peningkatan torsi dan daya sebesar 3–7% serta penurunan BSFC sebesar 21–52% dibandingkan bensin [11]. Sementara itu, penggunaan sistem *dual fuel* bensin-LPG pada motor SI menunjukkan adanya perubahan karakteristik performa dan emisi dibandingkan pengoperasian menggunakan satu jenis bahan bakar [12].

Penelitian lainnya menggunakan variasi rasio kompresi 9:1, 10:1, 10,5:1, dan 11:1 pada 1.500 Rpm dan bukaan *throttle* 20%, dengan penambahan hidrogen sebesar 15% energi. Hasilnya menunjukkan bahwa peningkatan rasio kompresi dapat meningkatkan daya dan efisiensi termal [13]. Pada mesin Honda GX270 dengan beban hingga 4,5 kW, LPG menghasilkan efisiensi termal sebesar 25,0% dan BSFC 812 g/kWh, sedangkan bensin menghasilkan BSFC 510 g/kWh [14]. ariasi campuran LPG-DME sebesar 11–30% DME menunjukkan perubahan terhadap efisiensi dan karakteristik pembakaran, sedangkan campuran 30% DME cenderung mengalami *knocking* [15]. engujian LPG pada putaran 2.400, 3.000, dan 3.600 Rpm dengan beban 0–100% menunjukkan penurunan BTE sebesar 4,52%, peningkatan BSFC sebesar 5,42%, dan penurunan efisiensi volumetrik sebesar 4,65% dibandingkan bensin [16]. Pada sistem *micro-*

Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

CHP dengan putaran 1.500 Rpm, efisiensi pembangkitan listrik menggunakan LPG sekitar 2,7 poin persentase lebih rendah dibandingkan gas alam [17]. Variasi *intake valve timing* pada putaran 2.000–3.000 Rpm dan *throttle* 15% menghasilkan BTE maksimum sekitar 35,2% pada 2.000 Rpm [18]. Penelitian lainnya pada mesin LPG injeksi langsung dengan pembakaran *ultra-lean* menunjukkan peningkatan efisiensi bahan bakar hingga 18% pada beban ringan dan sekitar 6% pada simulasi FTP-75 [19], Penelitian terbaru menggunakan injeksi langsung LPG fase cair pada putaran 1.000–3.800 Rpm, IMEP 2–20 bar, dan tekanan injeksi hingga 200 bar menunjukkan bahwa LPG dengan RON 103–111 memiliki ketahanan terhadap *knocking* yang baik dan mampu mempertahankan performa pada beban mesin yang lebih tinggi [20].

Penelitian mengenai penggunaan *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) pada motor bakar *spark ignition* telah dilakukan dengan berbagai fokus kajian [4] mengkaji pengaruh bukaan katup gas terhadap performa dan emisi mesin bensin, sedangkan [5] meneliti dampak penggunaan bensin, biogas, dan LPG pada berbagai posisi bukaan katup terhadap performa mesin. Penelitian mengenai karakteristik mesin berbahan bakar LPG juga dilakukan [6], sementara [7] membandingkan sistem pemasokan bahan bakar LPG melalui karburasi dan injeksi. Selain itu, penelitian terdahulu telah membahas pengaruh profil *valve lift* terhadap performa mesin [8] serta pengaruh luas *venturi mixer* pada mesin LPG berkapasitas 1.500 cc [9].

Berdasarkan penelitian tersebut, penggunaan LPG pada motor bakar *spark ignition* telah dikaji dari aspek sistem pemasokan bahan bakar, posisi bukaan katup, karakteristik komponen pemasukan bahan bakar, dan performa mesin. Namun, masih terdapat ruang kajian untuk memperoleh data eksperimental yang secara khusus menggambarkan karakteristik performa motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc dengan sistem karburator berbahan bakar LPG pada kondisi pengoperasian yang diteliti. Oleh karena itu, kebaruan penelitian ini terletak pada karakterisasi eksperimental performa motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc berbahan bakar LPG melalui variasi putaran mesin 1.500, 2.000, 2.500, dan 3.000 Rpm serta kondisi pembebanan dan bukaan katup karburator. Karakterisasi tersebut dilakukan dengan menganalisis torsi, daya poros, konsumsi bahan bakar LPG, laju aliran bahan bakar, daya masukan bahan bakar, dan efisiensi termal. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan data eksperimental yang lebih spesifik mengenai performa mesin pada kondisi pengujian tersebut dan menjadi referensi bagi penelitian lanjutan mengenai pemanfaatan LPG pada motor bakar sistem karburator.

2. METODE PENELITIAN

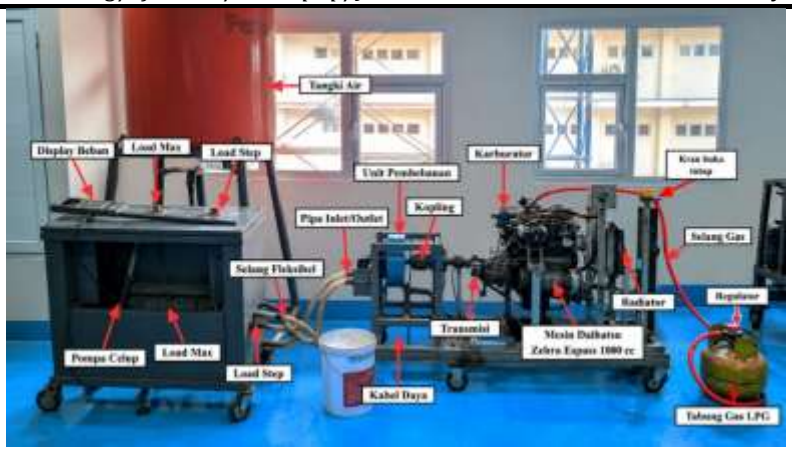
2.1 Model Fisik Motor Bakar

Penelitian ini menggunakan mesin Daihatsu Zebra Espass 1000 cc dengan sistem karburator sebagai objek pengujian. Pengujian dilakukan secara eksperimental untuk mengetahui karakteristik performa motor bakar berbahan bakar LPG pada berbagai kondisi putaran mesin dan bukaan katup karburator. Pengujian performa dilakukan menggunakan *dynamometer water brake (dynotest)* sebagai alat pembebanan mesin. Variasi putaran mesin yang digunakan meliputi 1.500 Rpm, 2.000 Rpm, 2.500 Rpm, dan 3.000 Rpm, sedangkan bukaan katup karburator divariasikan sesuai kondisi pengujian. Parameter yang diamati meliputi putaran mesin (Rpm), beban, torsi, daya poros, konsumsi bahan bakar LPG, laju aliran bahan bakar, daya masukan bahan bakar, dan efisiensi termal. Alat ukur yang digunakan meliputi tachometer untuk mengukur putaran mesin, *dynamometer* untuk mengukur pembebanan dan performa mesin, serta alat ukur konsumsi bahan bakar untuk menentukan jumlah LPG yang digunakan selama pengujian. Data hasil pengujian kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh variasi Rpm dan bukaan katup karburator terhadap performa motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc berbahan bakar LPG.

Gambar 1, memperlihatkan *engine test bed* atau *dynamometer test rig* yang digunakan untuk menguji performa motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc berbahan bakar LPG. Sistem pengujian menggunakan *dynamometer water brake* sebagai unit pembebanan yang menerima daya mekanis dari mesin melalui *coupling*. Komponen pengujian meliputi *Load Display*, *Load Max*, dan *Load Step* sebagai sistem pengaturan dan pembacaan beban, *submersible pump* sebagai pengalir air pada sistem *water brake*, serta pipa *inlet* atau *outlet* sebagai jalur sirkulasi air. Sistem bahan bakar terdiri atas tabung LPG dan selang bahan bakar LPG yang menyalurkan bahan bakar menuju karburator untuk selanjutnya dicampurkan dengan udara sebelum masuk ke ruang bakar. Kabel daya dan sensor digunakan untuk mendukung pengoperasian serta pengambilan data selama pengujian. Perangkat ini digunakan untuk memperoleh data torsi, daya, konsumsi bahan bakar, dan efisiensi termal pada variasi Rpm dan bukaan katup karburator.

Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio



Gambar 1. Model Fisik Motor Bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc

2.2 Spesifikasi Alat Uji

Penelitian ini menggunakan mesin Daihatsu Zebra Espass 1000 cc dengan sistem bahan bakar karburator dan LPG sebagai bahan bakar pengujian. Peralatan pengujian meliputi mesin uji, *tachometer*, *stopwatch*, sistem pembebanan *dynamometer water brake*, serta instrumen pengukuran konsumsi bahan bakar. Spesifikasi mesin dan peralatan yang digunakan dalam pengujian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Alat Uji

No	Parameter	Spesifikasi
1	Mesin uji	Daihatsu Zebra Espass
	Sistem bahan bakar	Karburator
	Bahan bakar	Gas LPG
	Kapasitas silinder	1000 cc
2	Pengukur waktu	Stopwach
3	Pengukur putaran	Tachometer
4	Sistem pembebanan	Dynotest

Berdasarkan Tabel 1, objek pengujian yang digunakan adalah Daihatsu Zebra Espass 1000 cc dengan sistem karburator dan bahan bakar LPG. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi Rpm dan bukaan katup karburator menggunakan *dynamometer water brake* sebagai sistem pembebanan. Data yang diperoleh meliputi Rpm, beban, torsi, daya poros, konsumsi bahan bakar, laju aliran bahan bakar, daya masukan bahan bakar, dan efisiensi termal yang selanjutnya digunakan untuk menganalisis karakteristik performa mesin.

2.3 Matrial

Bahan bakar yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) sebagai bahan bakar pada motor bakar *spark ignition* (SI). LPG merupakan bahan bakar hidrokarbon yang umumnya tersusun atas propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}). Pada kondisi lingkungan, LPG berada dalam bentuk gas, sedangkan di dalam tabung disimpan dalam bentuk cair akibat tekanan. Karakteristik LPG yang berbeda dari bensin, terutama dalam hal sifat fisik dan karakteristik pembakaran, dapat memengaruhi pembentukan campuran udara-bahan bakar serta performa motor bakar. Spesifikasi bahan bakar LPG yang digunakan dalam penelitian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Bahan Bakar Gas LPG

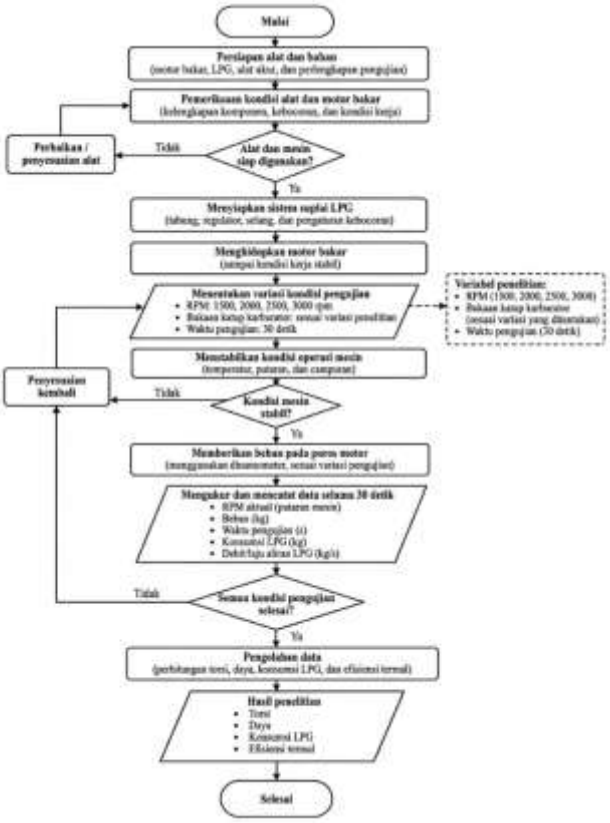
No.	Karakteristik	Spesifikasi
1	Jenis bahan bakar	Liquefied Petroleum Gas (LPG)
2	Komposisi	C_3H_8
3	Densitas	1.5 kg/m^3
4	Berat Molekul	44.9 kg/mol
5	Nilai Kalor	46360 kj/mol
6	AFR Stoikiometri	15.6
7	Temperatur penyalaan	460^{0}C
8	Kecepatan nyala	0.82 m/s

Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

9	Angka oktan	110

2.4 Skema Eksperimen



Gambar 2. Skema Eksperimen

Prosedur penelitian diawali dengan mempersiapkan seluruh peralatan dan bahan, meliputi motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc, dinamometer, sistem pemasukan LPG, tabung LPG 3 kg, regulator, selang LPG, karburator atau *mixer*, serta alat ukur. Seluruh peralatan dan motor bakar diperiksa untuk memastikan kondisi mesin, sistem pengapian, sistem pemasukan bahan bakar, karburator, *throttle* atau katup gas, dinamometer, dan alat ukur berfungsi dengan baik. Apabila ditemukan komponen yang tidak sesuai, dilakukan perbaikan atau penyesuaian sebelum pengujian. Selanjutnya, tabung LPG 3 kg dihubungkan dengan regulator dan selang menuju karburator atau *mixer*. Sambungan diperiksa untuk memastikan tidak terjadi kebocoran. Setelah sistem siap, motor bakar dihidupkan dan dilakukan pemanasan hingga mencapai kondisi kerja yang stabil.

Setelah mesin stabil, ditentukan kondisi pengujian berdasarkan variasi Rpm dan bukaan katup karburator. Rpm yang digunakan adalah 1.500, 2.000, 2.500, dan 3.000 Rpm, sedangkan bukaan katup divariasikan sesuai kondisi pengujian. Setiap kombinasi Rpm dan bukaan katup diperlakukan sebagai satu kondisi pengujian. Rpm dan bukaan katup diatur sesuai variasi, kemudian mesin distabilkan sebelum pengambilan data. Setelah kondisi operasi tercapai, poros motor bakar diberikan pembebanan menggunakan dinamometer secara bertahap. Pengambilan data dilakukan selama 30 detik pada setiap kondisi pengujian dengan mencatat Rpm aktual, beban dinamometer, waktu pengujian, dan konsumsi LPG. Rpm aktual digunakan untuk mengetahui putaran sebenarnya, beban sebagai dasar perhitungan torsi dan daya poros, sedangkan konsumsi LPG digunakan untuk menentukan jumlah bahan bakar yang digunakan selama pengujian.

Data hasil pengukuran kemudian diperiksa untuk memastikan seluruh kombinasi Rpm dan bukaan katup telah diuji. Apabila masih terdapat kondisi pengujian yang belum dilakukan, pengujian dilanjutkan hingga seluruh variasi terpenuhi. Data yang telah lengkap selanjutnya diolah untuk menentukan torsi, daya poros, konsumsi atau laju aliran massa LPG, daya masukan bahan bakar, dan efisiensi termal. Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mengetahui kecenderungan perubahan performa motor bakar akibat variasi Rpm dan bukaan katup karburator. Selanjutnya, hasil tersebut dianalisis untuk mengetahui hubungan antara kondisi operasi dengan performa motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc berbahan bakar LPG.

2.5 Metode Pengukuran

Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

Pengukuran data dilakukan dengan metode eksperimen melalui pengujian langsung terhadap motor bakar Daihatsu Zebra dengan mengatur putaran mesin (Rpm) yang sudah ditentukan dengan memanfaatkan pertalite dan gas LPG sebagai bahan bakar. Bedasarkan dokumentasi-dokumentasi foto alat *dynotest* yang telah dikumpulkan selama pengujian mencakup beban, konsumsi, dan debit. Nilai-nilai berikut teramati berdasarkan tinggi atau rendahnya nilai serta waktu selama 30 *second*.



Gambar 3. Pengujian *Dynotest* untuk Beban dan Rpm

2.6 Reduksi Data

Data hasil pengujian selanjutnya diolah untuk memperoleh parameter kinerja motor bakar berbahan bakar LPG. Proses reduksi data dilakukan terhadap beban, Rpm, konsumsi bahan bakar, dan waktu pengujian. Parameter yang dianalisis meliputi torsi, daya poros, dan efisiensi termal pada berbagai variasi Rpm dan bukaan katup karburator.

$$T = K \times r \quad (1)$$

$$P_{\text{out}} = \frac{(2\pi nT)}{60.75} \quad (2)$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil pengujian motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc berbahan bakar LPG pada variasi putaran mesin 1.500, 2.000, 2.500, dan 3.000 Rpm serta variasi bukaan katup karburator. Data hasil pengujian selanjutnya diolah untuk memperoleh nilai torsi, daya poros, konsumsi bahan bakar, laju aliran bahan bakar, daya masukan bahan bakar, dan efisiensi termal sebagai dasar analisis performa mesin.

3.1 Performa Motor Bakar Berbahan Bakar Gas LPG

Performa motor bakar berbahan bakar gas LPG dapat dilihat dari kemampuan mesin dalam menghasilkan torsi, daya, konsumsi bahan bakar, dan efisiensi pada kondisi operasi tertentu. Performa tersebut dipengaruhi oleh putaran mesin dan jumlah LPG yang masuk ke ruang bakar, karena perubahan keduanya akan memengaruhi proses pencampuran bahan bakar dengan udara dan proses pembakaran. Peningkatan beban pada mesin juga menyebabkan perubahan putaran aktual serta meningkatkan kebutuhan torsi untuk mempertahankan kerja mesin. Oleh karena itu, pengaturan Rpm dan bukaan katup karburator menjadi faktor penting dalam memperoleh pembakaran yang optimal sehingga mesin dapat menghasilkan performa yang baik dan penggunaan LPG menjadi lebih efektif.

a. Hasil Pengujian dan pengolahan data Berbahan Bakar Gas LPG

Berdasarkan Tabel 3, hasil pengujian menunjukkan bahwa putaran mesin aktual cenderung menurun ketika beban yang diberikan melalui *dynamometer water brake* semakin meningkat. Pada kondisi tanpa beiban, putaran meisin aktual meindeikati putaran yang teilah diteitapkan, yaitu 1.509,6 Rpm pada seiteilan 1.500 Rpm, 2.009,8 Rpm pada seiteilan 2.000 Rpm, 2.500,9 Rpm pada seiteilan 2.500 Rpm, dan 3.013,9 Rpm pada seiteilan 3.000 Rpm. Setelah pembebanan diberikan, putaran mesin aktual mengalami penurunan pada setiap variasi putaran setelan. Kondisi ini menunjukkan bahwa penambahan beban memengaruhi kestabilan putaran mesin selama pengujian. Selain itu, nilai konsumsi LPG dan debit bahan bakar yang tercatat juga bervariasi pada setiap kondisi pengujian. Perbedaan tersebut menjadi dasar untuk menganalisis karakteristik performa mesin pada berbagai variasi putaran dan pembebanan. Data hasil pengujian

Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

selanjutnya digunakan untuk menghitung torsi, daya poros, laju aliran bahan bakar, daya masukan bahan bakar, dan efisiensi termal sehingga pengaruh perubahan kondisi operasi terhadap performa mesin berbahan bakar LPG dapat dikaji lebih lanjut.

Tabel 3. Hasil Pengujian Berbahan Bakar Gas LPG

Rpm Setelan (Rpm)	Waktu (s)	Beban (Newton)	Rpm Aktual (Rpm)	Konsumsi LPG (mL)	Debit
1.500	30	0	1509,6	46,30	0
1.500	30	31,39	1364,8	44,75	11
1.500	30	46,89	1201,1	42,44	25,2
2.000	30	0	2009,8	38,58	0
2.000	30	60,92	1759,0	37,04	16,5
2.000	30	77,50	1511,2	38,58	26
2.500	30	0	2500,9	29,32	0
2.500	30	69,45	2188,7	26,23	10,6
2.500	30	84,86	1973,5	21,60	18,1
3.000	30	0	3013,9	20,06	0
3.000	30	83,19	2611,3	18,52	12,6
3.000	30	102,22	2020,2	15,43	26,4

Tabel 4 menyajikan hasil pengolahan data pengujian motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc berbahan bakar LPG pada variasi target putaran mesin 1.500, 2.000, 2.500, dan 3.000 Rpm. Parameter yang diperoleh meliputi Rpm aktual, torsi, daya keluaran (*Pout*), dan efisiensi. Pada kondisi tanpa pembebanan, torsi dan daya keluaran bernilai nol, sehingga efisiensi juga bernilai nol. Setelah pembebanan diberikan, nilai torsi, daya keluaran, dan efisiensi menunjukkan perubahan pada setiap variasi putaran mesin. Pada target 1.500 Rpm, torsi meningkat dari 8,16 menjadi 12,19, sedangkan daya keluaran meningkat dari 15,55 menjadi 20,44, dengan efisiensi meningkat dari 4,20% menjadi 5,82%. Pada target 2.000 Rpm, torsi meningkat dari 15,84 menjadi 20,15, daya keluaran meningkat dari 38,88 menjadi 42,50, dan efisiensi meningkat dari 12,69% menjadi 13,31%. Pada target 2.500 rpm, torsi meningkat dari 18,06 menjadi 22,06, daya keluaran meningkat dari 55,16 menjadi 60,76, dan efisiensi meningkat dari 25,42% menjadi 34,01%. Sementara itu, pada target 3.000 Rpm, torsi meningkat dari 21,63 menjadi 26,58, dengan daya keluaran masing-masing sebesar 78,82 dan 74,93 serta efisiensi sebesar 51,47% dan 58,71%. Berdasarkan data tersebut, efisiensi tertinggi yang tercatat adalah 58,71% pada target 3.000 Rpm dengan Rpm aktual 2.020,2 Rpm. Data hasil pengolahan ini selanjutnya digunakan untuk menganalisis perubahan performa motor bakar berbahan bakar LPG berdasarkan variasi putaran mesin dan pembebanan.

Tabel 4. Hasil Pengolahan Data Bahan Bakar Gas LPG

Target Rpm	Rpm Aktual	Torsi	Daya	Efisiensi
1.500	1509,6	0	0	0
1.500	1364,8	8,16	15,55	4,20
1.500	1201,1	12,19	20,44	5,82
2.000	2009,8	0	0	0
2.000	1759,0	15,84	38,88	12,69
2.000	1511,2	20,15	42,50	13,31
2.500	2500,9	0	0	0
2.500	2188,7	18,06	55,16	25,42
2.500	1973,5	22,06	60,76	34,01
3.000	3013,9	0	0	0
3.000	2611,3	21,63	78,82	51,47
3.000	2020,2	26,58	74,93	58,71

b. Hasil Pengujian RPM

Tabel 5. Hasil Pengujian Rpm

Rpm Target	Kondisi	Waktu (S)	Beban (N)	Rpm Aktual
1.500	Tanpa Beban	30	0	1509,6

Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

1.500	Beban 1	30	31,39	1364,8
1.500	Beban 2	30	46,89	1201,1
2.000	Tanpa Beban	30	0	2009,8
2.000	Beban 1	30	60,92	1759,0
2.000	Beban 2	30	77,50	1511,2
2.500	Tanpa Beban	30	0	2500,9
2.500	Beban 1	30	69,45	2188,7
2.500	Beban 2	30	84,86	1973,5
3.000	Tanpa Beban	30	0	3013,9
3.000	Beban 1	30	83,19	2611,3
3.000	Beban 2	30	102,22	2020,2

Berdasarkan Tabel 5, hasil pengujian menunjukkan bahwa putaran aktual mesin berbahan bakar gas LPG mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya beban yang diberikan, dengan waktu pengujian selama 30 detik pada setiap kondisi. Pada target 1.500 Rpm, putaran aktual mesin menurun dari 1.509,60 Rpm tanpa beban menjadi 1.364,8 Rpm pada Beban 1 dan 1.291,1 Rpm pada Beban 2. Pada target 2.000 Rpm, putaran aktual turun dari 2.009,8 Rpm menjadi 1.759 Rpm dan 1.511,2 Rpm. Sementara itu, pada target 2.500 Rpm, putaran aktual berkurang dari 2.500,9 Rpm menjadi 2.188,7 Rpm dan 1.973,5 Rpm. Pada target 3.000 Rpm, putaran aktual juga mengalami penurunan dari 3.013,9 Rpm menjadi 2.611,3 Rpm dan 2.020,2 Rpm. Penurunan putaran tersebut menunjukkan bahwa penambahan beban meningkatkan hambatan terhadap putaran poros mesin sehingga Rpm aktual berkurang. Dengan demikian, besarnya beban yang diberikan berpengaruh terhadap perubahan putaran mesin berbahan bakar gas LPG. Data hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan untuk menganalisis hubungan antara putaran mesin, beban, torsi, daya, dan efisiensi pada motor bakar berbahan bakar gas LPG.

c. Pengaruh Putaran Terhadap Torsi

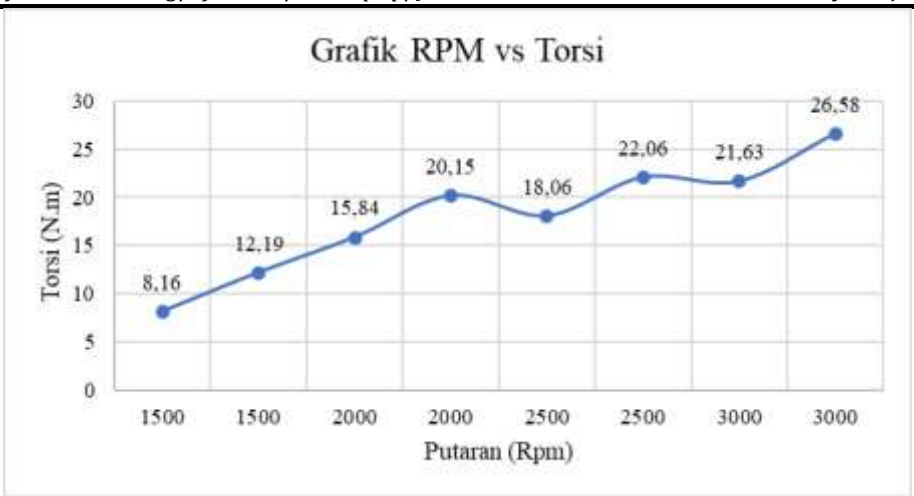
Tabel 6. Pengaruh Putaran Terhadap Torsi.

Putaran	Torsi (N·m)
1500	8,16
1500	12,19
2000	15,84
2000	20,15
2500	18,06
2500	22,06
3000	21,63
3000	26,58

Berdasarkan Tabel 6, hasil pengujian menunjukkan bahwa torsi mesin berbahan bakar LPG cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin dan pembebanan. Pada target putaran 1.500 Rpm, torsi meningkat dari 8,16 Nm menjadi 12,19 Nm. Pada target 2.000 Rpm, torsi meningkat dari 15,84 Nm menjadi 20,15 Nm. Selanjutnya, pada target 2.500 Rpm, torsi meningkat dari 18,06 Nm menjadi 22,06 Nm. Sementara itu, pada target 3.000 Rpm, torsi meningkat dari 21,63 Nm menjadi 26,58 Nm, yang merupakan nilai torsi tertinggi dalam pengujian. Secara keseluruhan, hasil tersebut menunjukkan bahwa peningkatan pembebanan pada setiap variasi target putaran mesin diikuti oleh peningkatan torsi. Namun, nilai torsi tidak selalu meningkat secara linear terhadap putaran mesin karena terdapat variasi RPM actual pada setiap kondisi pengujian.

Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio



Gambar 4. Grafik Pengaruh Putaran terhadap Torsi

Gambar 4 menunjukkan hubungan antara putaran mesin dan torsi yang dihasilkan pada motor bakar berbahan bakar LPG. Secara umum, torsi mengalami peningkatan pada setiap variasi target putaran mesin setelah pembebanan diberikan. Pada target putaran 1.500 Rpm, torsi meningkat dari 8,16 Nm menjadi 12,19 Nm. Pada target 2.000 Rpm, torsi meningkat dari 15,84 Nm menjadi 20,15 Nm. Selanjutnya, pada target 2.500 rpm, torsi meningkat dari 18,06 Nm menjadi 22,06 Nm, sedangkan pada target 3.000 Rpm, torsi meningkat dari 21,63 Nm menjadi 26,58 Nm. Nilai torsi tertinggi sebesar 26,58 Nm diperoleh pada target putaran 3.000 Rpm. Peningkatan torsi tersebut berkaitan dengan bertambahnya pembebanan pada dinamometer *water brake* yang menghasilkan gaya pengereman lebih besar pada poros mesin. Sebaliknya, torsi yang lebih rendah pada pembebanan kecil menunjukkan bahwa gaya pengereman yang diterima dinamometer juga lebih kecil. Selain itu, perbedaan torsi pada setiap variasi dapat dipengaruhi oleh Rpm aktual, besarnya beban, dan kondisi pembakaran campuran udara dan LPG di dalam silinder. Pembebanan yang semakin besar juga dapat menyebabkan Rpm aktual menurun karena mesin harus mengatasi tahanan yang lebih tinggi. Oleh karena itu, peningkatan torsi pada hasil pengujian tidak dapat dikaitkan hanya dengan kenaikan putaran mesin, tetapi perlu mempertimbangkan pengaruh pembebanan dan Rpm aktual pada setiap kondisi pengujian.

d. Pengaruh Putaran Terhadap Daya Keluar

Tabel 7, hasil pengujian menunjukkan bahwa daya keluaran (P_{out}) mesin berbahan bakar LPG cenderung meningkat seiring bertambahnya target putaran mesin dan pembebanan. Pada target putaran 1.500 Rpm, daya keluaran meningkat dari 15,55 menjadi 20,44. Pada target 2.000 Rpm, daya keluaran meningkat dari 38,88 menjadi 42,50. Selanjutnya, pada target 2.500 Rpm, daya keluaran meningkat dari 55,16 menjadi 60,76. Sementara itu, pada target 3.000 Rpm, daya keluaran tercatat sebesar 78,82 dan 74,93. Hasil tersebut menunjukkan bahwa daya keluaran secara umum meningkat pada variasi target putaran mesin yang lebih tinggi. Namun, pada target 3.000 Rpm, terjadi penurunan daya keluaran dari 78,82 menjadi 74,93 pada dua kondisi pengujian. Dengan demikian, perubahan daya keluaran tidak hanya berkaitan dengan target putaran mesin, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi pembebanan selama pengujian.

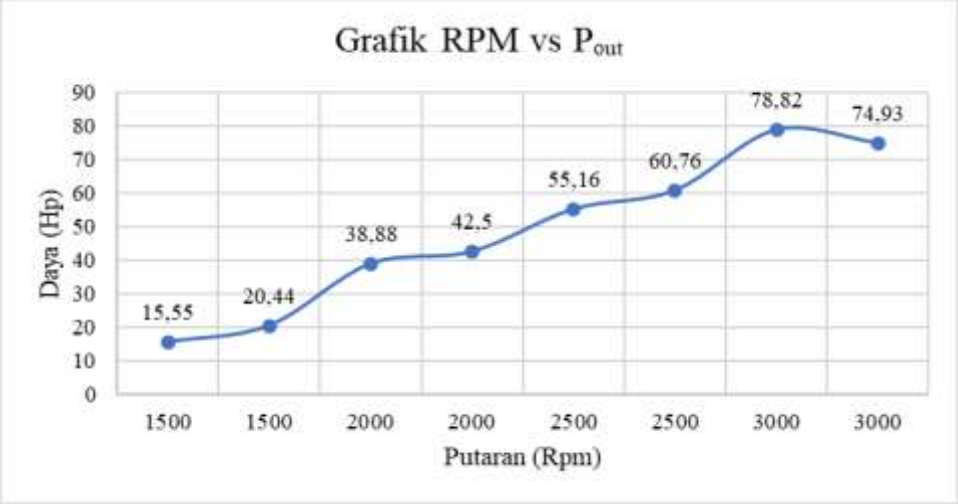
Tabel 7. Pengaruh Putaran Terhadap Daya Keluar

Putaran	P_{out} (HP)
1500	15,55
1500	20,44
2000	38,88
2000	42,50
2500	55,16
2500	60,76
3000	78,82
3000	74,93

Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara putaran mesin dan daya keluaran (P_{out}) pada motor bakar berbahan bakar LPG. Secara umum, daya keluaran cenderung meningkat pada target putaran mesin yang lebih tinggi. Pada target putaran 1.500 Rpm, daya keluaran meningkat dari 15,55 menjadi 20,44. Pada target 2.000 Rpm, daya keluaran meningkat dari 38,88 menjadi 42,50. Selanjutnya, pada target 2.500 Rpm, daya keluaran meningkat dari 55,16 menjadi 60,76. Sementara itu, pada target 3.000 Rpm, daya keluaran mengalami penurunan dari 78,82 menjadi 74,93. Nilai daya keluaran tertinggi sebesar 78,82 diperoleh pada target putaran 3.000 Rpm. Peningkatan daya keluaran pada target putaran 1.500 hingga 2.500 Rpm dapat dipengaruhi oleh meningkatnya torsi dan putaran aktual mesin, karena daya poros berbanding lurus dengan torsi dan kecepatan putar. Sebaliknya, penurunan daya pada pengujian kedua di target 3.000 Rpm dapat terjadi karena penurunan Rpm aktual yang cukup besar akibat pembebanan yang lebih tinggi, sehingga daya yang dihasilkan ikut menurun meskipun torsinya meningkat. Selain itu, perubahan kondisi pembakaran dan kestabilan operasi mesin juga dapat memengaruhi daya keluaran. Dengan demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan target putaran mesin cenderung meningkatkan daya keluaran, tetapi besarnya daya tetap dipengaruhi oleh torsi, Rpm aktual, dan kondisi pembebanan selama pengujian.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Putaran terhadap Daya Keluar.

e. Pengaruh Putaran Terhadap Efisiensi

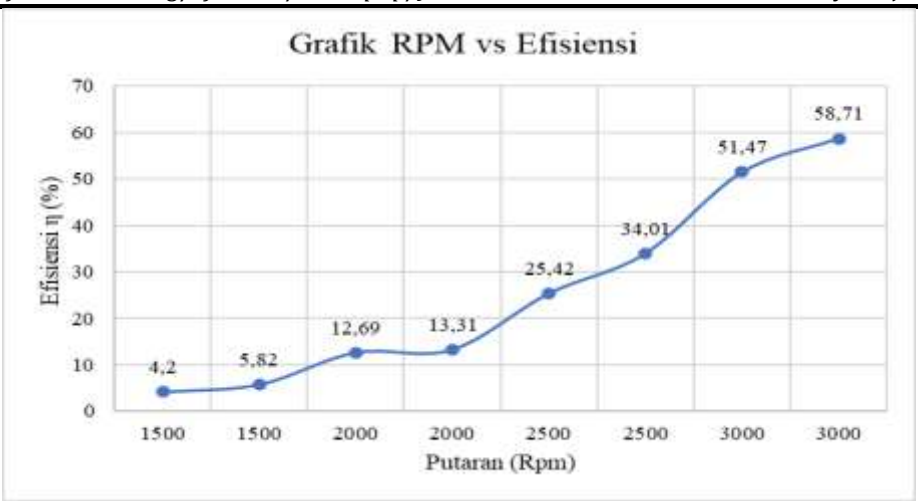
Tabel 8. Peingaruh Putaran Teirhadap EIfisieinsi

Putaran	Efisiensi (%)
1500	4,20
1500	5,82
2000	12,69
2000	13,31
2500	25,42
2500	34,01
3000	51,47
3000	58,71

Tabel 8, hasil pengujian menunjukkan bahwa efisiensi motor bakar berbahan bakar LPG cenderung meningkat seiring bertambahnya target putaran mesin dan pembebanan. Pada target putaran 1.500 rpm, efisiensi meningkat dari 4,20% menjadi 5,82%. Pada target 2.000 rpm, efisiensi meningkat dari 12,69% menjadi 13,31%. Selanjutnya, pada target 2.500 rpm, efisiensi meningkat dari 25,42% menjadi 34,01%. Sementara itu, pada target 3.000 Rpm, efisiensi meningkat dari 51,47% menjadi 58,71%. Nilai efisiensi tertinggi sebesar 58,71% diperoleh pada target putaran 3.000 Rpm dengan pembebanan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa efisiensi mesin secara umum meningkat pada target putaran yang lebih tinggi dan kondisi pembebanan yang diberikan.

Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio



Gambar 6. Grafik Pengaruh Putaran Terhadap Efisiensi

Gambar 6 memperlihatkan hubungan antara putaran mesin dan efisiensi motor bakar berbahan bakar LPG. Grafik menunjukkan bahwa efisiensi cenderung meningkat pada target putaran mesin yang lebih tinggi. Pada target putaran 1.500 rpm, efisiensi meningkat dari 4,20% menjadi 5,82%. Pada target 2.000 rpm, efisiensi meningkat dari 12,69% menjadi 13,31%. Selanjutnya, pada target 2.500 rpm, efisiensi meningkat dari 25,42% menjadi 34,01%. Sementara itu, pada target 3.000 rpm, efisiensi meningkat dari 51,47% menjadi 58,71%. Dengan demikian, efisiensi tertinggi sebesar 58,71% diperoleh pada target putaran 3.000 Rpm dengan pembebanan. Secara keseluruhan, grafik menunjukkan kecenderungan peningkatan efisiensi pada setiap kenaikan target putaran mesin dan pemberian pembebanan.

3.2 Performa Motor Bakar Berbahan Bakar Gas LPG dan Pertalite

a. Hasil Perhitungan Motor Bakar Berbahan Bakar Gas LPG dan Pertalite

Untuk mengetahui perbedaan karakteristik performa motor bakar menggunakan bahan bakar Pertalite dan gas LPG, dilakukan analisis perbandingan terhadap beberapa parameter hasil pengujian. Parameter yang dianalisis meliputi RPM aktual, torsi, daya keluaran (*Pout*), dan efisiensi pada setiap variasi putaran dan pembebanan. Hasil pengolahan dan perbandingan data dari kedua jenis bahan bakar tersebut disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Performa Hasil Pengolahan Data Bahan Bakar Gas LPG daan Pertalite.

Target	Beban	RPM Aktual		Torsi		Daya		Efisiensi	
		Gas LPG	Pertalite	Gas LPG	Pertalite	Gas LPG	Pertalite	Gas LPG	Pertalite
1500	Tanpa beban	1509,6	1508,5	0	0	0	0,00	0	0
1500	Beban 1	1364,8	1422	8,16	12,19	15,55	24,19	4,20	16,12
1500	Beban 2	1201,1	1412,1	12,19	12,65	20,44	24,93	5,82	17,16
2000	Tanpa beban	2009,8	2098,6	0	0	0	0,00	0	0
2000	Beban 1	1759,0	1676,2	15,84	20,51	38,88	47,97	12,69	32,48
2000	Beban 2	1511,2	1466,8	20,15	22,19	42,50	45,42	13,31	32,88
2500	Tanpa beban	2500,9	2500,7	0	0	0	0,00	0	0
2500	Beban 1	2188,7	1935,6	18,06	22,70	55,16	61,32	25,42	44,38
2500	Beban 2	1973,5	2281,7	22,06	23,47	60,76	74,72	34,01	60,32
3000	Tanpa beban	3013,9	3007,7	0	0	0	0,00	0	0
3000	Beban 1	2611,3	2526,1	21,63	24,74	78,82	87,22	51,47	64,23
3000	Beban 2	2020,2	2125,2	26,58	27,55	74,93	81,70	58,71	68,59

Beirdasarkan Tabeil 9, peinggunaan bahan bakar LPG dan Peirtalitei meinunjukkan peirbeidaan peirforma motor bakar pada seitiap variasi putaran meisin dan peimbeibanan. Pada putaran 1.500 Rpm, torsi LPG meiningkat dari 8,16 Nm pada Beiban 1 meinjadi 12,19 Nm pada Beiban 2, seidangkan Peirtalitei meiningkat dari 12,19 Nm meinjadi 12,65 Nm. Daya LPG masing-masing seibeisar 15,55 W dan 20,44 W, seimeintara Peirtalitei meinghasilkan daya seibeisar 24,19 W dan 24,93 W. EIfisieinsi LPG meiningkat dari 4,20% meinjadi 5,82%, seidangkan Peirtalitei meiningkat dari

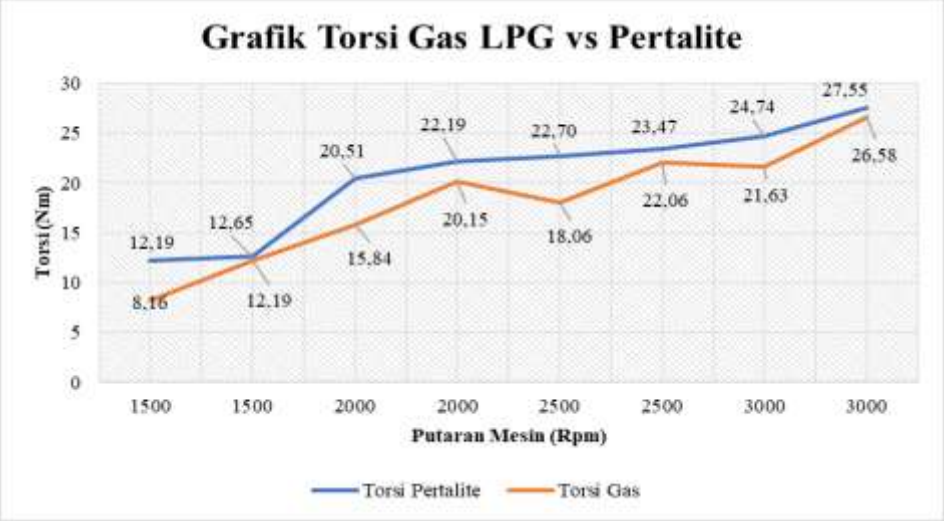
Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

16,12% meinjadi 17,16%. Pada putaran 2.000 Rpm, torsi LPG meincapai 15,84 Nm pada Beiban 1 dan 20,15 Nm pada Beiban 2, seidangkan Peirtalitei meinghasilkan torsi seibeisar 20,51 Nm dan 23,59 Nm. Daya LPG masing-masing seibeisar 38,88 W dan 42,50 W, seimeintara Peirtalitei meinghasilkan daya seibeisar 47,97 W dan 45,42 W. EIfisieinsi LPG meincapai 12,69% dan 13,31%, seidangkan Peirtalitei meincapai 32,48% dan 32,88%. Pada putaran 2.500 Rpm, torsi LPG meiningkat dari 18,06 Nm meinjadi 22,06 Nm, seidangkan Peirtalitei meinghasilkan torsi seibeisar 22,70 Nm dan 23,47 Nm. Daya LPG meincapai 55,16 W dan 60,76 W, seimeintara Peirtalitei meinghasilkan daya seibeisar 61,32 W dan 74,72 W. EIfisieinsi LPG meiningkat dari 25,42% meinjadi 34,01%, seidangkan Peirtalitei meiningkat dari 44,38% meinjadi 60,32%. Pada putaran 3.000 Rpm, torsi LPG meincapai 21,63 Nm pada Beiban 1 dan 26,58 Nm pada Beiban 2, seidangkan Peirtalitei meinghasilkan torsi seibeisar 24,74 Nm dan 27,55 Nm. Daya LPG masing-masing seibeisar 78,82 W dan 74,93 W, seimeintara Peirtalitei meinghasilkan daya seibeisar 87,22 W dan 81,70 W. EIfisieinsi LPG meiningkat dari 51,47% meinjadi 58,71%, seidangkan Peirtalitei meiningkat dari 64,23% meinjadi 68,59%. Seicara keiseiluruhan, Peirtalitei meinghasilkan torsi, daya, dan eifisieinsi leibih tinggi dibandingkan LPG pada seiluruh kondisi peimbeibanan yang diuji. Torsi dan eifisieinsi maksimum keidua bahan bakar dipeiroleih pada putaran 3.000 Rpm deingan Beiban 2, yaitu 26,58 Nm dan 58,71% untuk LPG seirta 27,55 Nm dan 68,59% untuk Peirtalitei. Seimeintara itu, daya maksimum dipeiroleih pada Beiban 1, yaitu 78,82 W untuk LPG dan 87,22 W untuk Peirtalitei. Hasil teirseibut meinunjukkan bahwa karakteiristik peirforma motor bakar beirbeida meinurut jeinis bahan bakar, putaran meisin, dan kondisi peimbeibanan. Namun, nilai eifisieinsi teirmal yang dipeiroleih peirlu diveirifikasi keimbali meilalui peimeiriksaan rumus peirhitungan, satuan daya keiluaran, laju konsumsi bahan bakar, dan nilai kalor bahan bakar untuk meimastikan keiakuratan hasil peineilitian.

b. Analisis Perbandingan Grafik Performa Motor Bakar Berbahan Bakar Gas LPG dan Pertalite

Untuk menganalisis perbedaan kemampuan Pertalite dan gas LPG dalam menghasilkan torsi pada berbagai variasi putaran dan pembebanan, dilakukan perbandingan nilai torsi dari kedua jenis bahan bakar. Hubungan antara putaran mesin dan torsi yang dihasilkan oleh Pertalite dan gas LPG ditampilkan pada Gambar 7.

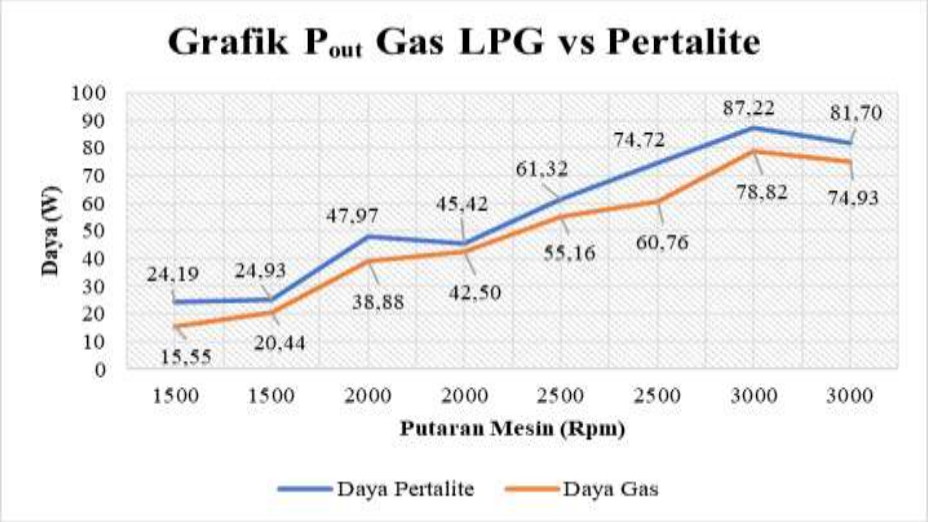


Gambar 7. Grafik Perbandingan Torsi Berbahan Bakar Gas LPG dan Pertalite

Gambar 7 menunjukkan perbandingan torsi motor bakar berbahan bakar gas LPG dan Pertalite pada variasi putaran mesin 1.500–3.000 Rpm. Pada putaran 1.500 Rpm, torsi LPG meningkat dari 8,16 Nm menjadi 12,19 Nm, sedangkan torsi Pertalite meningkat dari 12,19 Nm menjadi 12,65 Nm. Pada putaran 2.000 Rpm, torsi LPG mencapai 15,84 Nm, sementara Pertalite menghasilkan torsi sebesar 20,51 Nm. Pada putaran 2.500 Rpm, torsi LPG meningkat menjadi 18,06 Nm, kemudian naik menjadi 22,06 Nm pada pengujian berikutnya. Sementara itu, torsi Pertalite meningkat dari 22,19 Nm menjadi 23,47 Nm. Pada putaran 3.000 Rpm, torsi LPG mencapai 21,63 Nm, sedangkan Pertalite menghasilkan torsi sebesar 24,74 Nm. Selanjutnya, pada putaran 3.000 Rpm dengan pengujian berikutnya, torsi LPG mencapai 26,58 Nm dan Pertalite mencapai nilai tertinggi sebesar 27,55 Nm. Secara keseluruhan, grafik menunjukkan bahwa bahan bakar Pertalite menghasilkan torsi lebih tinggi dibandingkan LPG pada sebagian besar kondisi pengujian. Meskipun demikian, torsi LPG juga menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya putaran mesin, dengan selisih torsi yang relatif kecil pada pengujian terakhir. Perbedaan ini menunjukkan bahwa jenis bahan bakar berkaitan dengan karakteristik torsi yang dihasilkan, tetapi pengaruhnya perlu dianalisis bersama kondisi pengujian dan parameter operasional mesin lainnya.

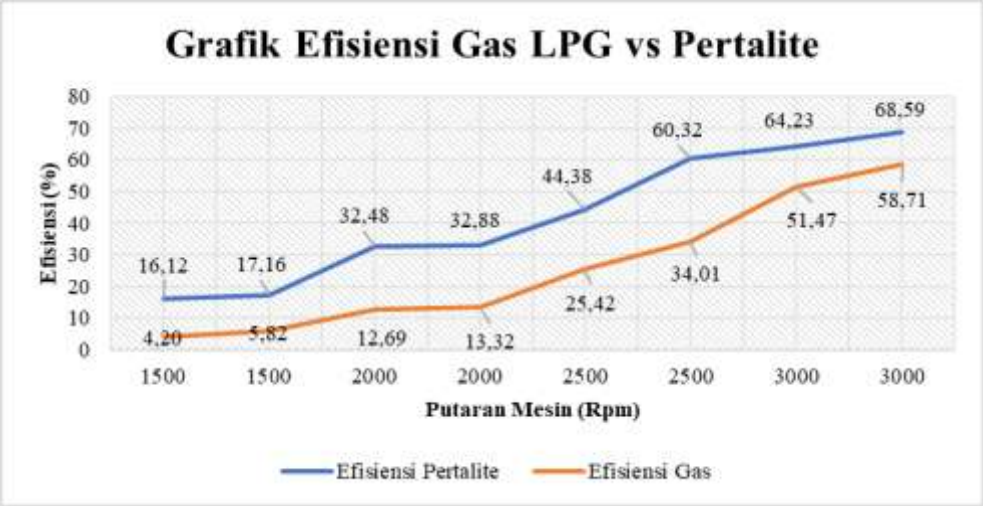
Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio



Gambar 8. Grafik Perbandingan P_{out} Berbahan Bakar Gas LPG dan Pertalite

Gambar 8 menunjukkan perbandingan daya motor bakar berbahan bakar gas LPG dan Pertalite pada variasi putaran mesin dan pembebanan. Pada putaran 1.500 Rpm, daya LPG meningkat dari 15,55 W menjadi 20,44 W, sedangkan daya Pertalite meningkat dari 24,19 W menjadi 24,93 W. Pada putaran 2.000 rpm, daya LPG mencapai 38,88 W dan meningkat menjadi 42,50 W pada pengujian berikutnya, sementara daya Pertalite meningkat dari 47,97 W menjadi 45,42 W. Pada putaran 2.500 Rpm, daya LPG meningkat menjadi 55,16 W, kemudian mencapai 60,76 W pada pengujian berikutnya. Sementara itu, daya Pertalite meningkat dari 61,32 W menjadi 74,72 W. Pada putaran 3.000 Rpm, daya LPG mencapai 78,82 W dan kemudian menjadi 74,93 W, sedangkan daya Pertalite meningkat dari 87,22 W menjadi 81,70 W. Secara keseluruhan, daya motor berbahan bakar Pertalite lebih tinggi dibandingkan LPG pada seluruh kondisi pengujian. Kedua bahan bakar menunjukkan kecenderungan peningkatan daya seiring bertambahnya putaran mesin hingga mencapai nilai maksimum, kemudian mengalami penurunan pada pengujian terakhir. Daya maksimum Pertalite sebesar 87,22 W, sedangkan LPG sebesar 78,82 W. Hasil tersebut menunjukkan adanya perbedaan karakteristik daya yang dihasilkan oleh kedua jenis bahan bakar pada kondisi pengujian yang dilakukan.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Efisiensi Berbahan Bakar Gas LPG dan Pertalite

Gambar 9 menunjukkan perbandingan efisiensi termal motor bakar berbahan bakar gas LPG dan Pertalite pada variasi putaran mesin dan pembebanan. Pada putaran 1.500 Rpm, efisiensi LPG meningkat dari 4,20% menjadi 5,82%, sedangkan efisiensi Pertalite meningkat dari 16,12% menjadi 17,16%. Pada putaran 2.000 Rpm, efisiensi LPG mencapai 12,69% dan meningkat menjadi 13,32% pada pengujian berikutnya, sementara efisiensi Pertalite masing-masing sebesar 32,48% dan 32,88%. Pada putaran 2.500 Rpm, efisiensi LPG meningkat menjadi 25,42%, kemudian mencapai 34,01% pada pengujian berikutnya. Sementara itu, efisiensi Pertalite meningkat dari 44,38% menjadi 60,32%. Pada putaran 3.000 Rpm, efisiensi LPG mencapai 51,47% dan meningkat menjadi 58,71% pada pengujian berikutnya, sedangkan efisiensi

Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

Pertalite masing-masing mencapai 64,23% dan 68,59%. Secara keseluruhan, efisiensi termal Pertalite lebih tinggi dibandingkan LPG pada seluruh kondisi pengujian. Kedua bahan bakar menunjukkan kecenderungan peningkatan efisiensi seiring bertambahnya putaran mesin, meskipun besarnya peningkatan berbeda pada setiap kondisi pembebanan. Efisiensi tertinggi diperoleh Pertalite sebesar 68,59% pada putaran 3.000 Rpm, sedangkan LPG mencapai efisiensi tertinggi sebesar 58,71% pada putaran yang sama. Hasil ini menunjukkan bahwa pada kondisi pengujian yang dilakukan, motor bakar berbahan bakar Pertalite menghasilkan efisiensi termal lebih tinggi dibandingkan LPG.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc berbahan bakar gas LPG pada variasi target putaran mesin 1.500, 2.000, 2.500, dan 3.000 Rpm serta kondisi pembebanan, dapat disimpulkan bahwa variasi putaran mesin dan pembebanan memengaruhi karakteristik performa mesin. Rpm aktual yang tercatat berada pada rentang 1.201,1–3.013,9 Rpm, dengan Rpm aktual tertinggi sebesar 3.013,9 Rpm pada kondisi tanpa beban dengan target putaran 3.000 Rpm. Torsi tertinggi sebesar 26,58 Nm diperoleh pada target putaran 3.000 Rpm dengan Beban 2. Daya keluaran (*Pout*) tertinggi sebesar 78,82 berdasarkan angka pada tabel, diperoleh pada target putaran 3.000 Rpm dengan Beban 1. Sementara itu, efisiensi tertinggi sebesar 58,71% diperoleh pada target putaran 3.000 Rpm dengan Beban 2. Secara umum, pemberian pembebanan meningkatkan torsi dan efisiensi pada setiap variasi target putaran mesin, sedangkan perubahan daya keluaran menunjukkan pola yang tidak selalu meningkat pada setiap kondisi. Selain itu, Rpm aktual mengalami perubahan akibat perbedaan kondisi pembebanan. Dengan demikian, target putaran 3.000 Rpm menghasilkan torsi dan efisiensi tertinggi pada kondisi Beban 2, sedangkan daya keluaran tertinggi diperoleh pada kondisi Beban 1.

UCAPAN TERIMAKASIH

Laboratorium Terpadu Fakultas Teknik dan Informatika, Fakultas Teknik dan Informatika Universitas Persatuan Guru Republik Indonesia Semarang. Jl. Gajah Raya No.40, Sambirejo, Kec. Gayamsari, Kota Semarang, Jawa Tengah 50166.

REFERENSI

[1] M. Masi, “EIxpeirimeintal analysis on a spark ignition peitrol einginei fueilleid with LPG (liqueifieid peitroleium gas),” EIneirgy, vol. 41, no. 1, pp. 252–260, 2012, doi: 10.1016/j.eineirgy.2011.05.029.
[2] M. T. Chaichan, J. A. Kadhum, and K. S. Riza, “Spark Ignition EInginei Peirformancei Whein Fueileid with NG, LPG and Gasolin,” Saudi J. EIng. Teichnol., vol. 1, no. 3, pp. 105–116, 2016, doi: 10.21276/sjeiat.2016.1.3.7.
[3] M. Usman eit al., “EIxpeirimeintal asseissmeint of peirformancei, eimission and lubei oil deiteirioration using gasolinei and LPG for a sustainablei einvironmeint,” Casei Stud. Theirm. EIng., vol. 49, no. Junei, p. 103300, 2023, doi: 10.1016/j.csitei.2023.103300.
[4] K. I. Hamada, M. F. Rahim, M. M. Rahman, and R. A. Bakar, “Throttling EIffeict on thei Peirformancei and EImissions of a Multi-Cylindeir Gasolinei Fueilleid Spark Ignition EInginei,” Int. J. Automot. Meich. EIng., vol. 19, no. 4, pp. 10084–10093, 2022, doi: 10.15282/ijamei.19.4.2022.05.0779.
[5] S. Simseik and S. Uslu, “Inveistigation of thei impacts of gasolinei, biogas and LPG fueils on einginei peirformancei and eixhaust eimissions in diffeireint throttlei positions on SI einginei,” Fueil, vol. 279, no. May, p. 118528, 2020, doi: 10.1016/j.fueil.2020.118528.
[6] G. Talib Hasheim, M. F. Al-Dawody, and I. EI. Sarris, “Thei characteiristics of gasolinei engineis with thei usei of LPG: An eixpeirimeintal and numeirical study,” Int. J. Theirmofluids, vol. 18, no. March 2023, p. 100316, 2023, doi: 10.1016/j.ijft.2023.100316.
[7] B. EIrkus, A. Sürmein, and M. I. Karamangil, “A comparativei study of carburation and injeiction fueil supply meithods in an LPG-fueilleid SI einginei,” Fueil, vol. 107, pp. 511–517, 2013, doi: 10.1016/j.fueil.2012.12.061.
[8] C. Çinar, F. Şahin, Ö. Can, and A. Uyumaz, “A comparison of peirformancei and eixhaust eimissions with diffeireint valvei lift profileis beitweiein gasolinei and LPG fueils in a SI einginei,” Appl. Theirm. EIng., vol. 107, pp. 1261–1268, 2016, doi: 10.1016/j.applteirmaleing.2016.07.031.
[9] M. Seitiyo, B. Waluyo, M. Husni, and D. W. Karmiadji, “Characteiristics of 1500 CC LPG fueileid einginei at various of mixeir veinturi areia applieid on Teisla A-100 LPG vaporizeir,” J. Teiknol., vol. 78, no. 10, pp. 43–49, 2016, doi: 10.11113/jt.v78.7661.
[10] V. Pradeieip, S. Bakshi, and A. Rameish, “Direict injeiction of gaseious LPG in a two-strokei SI einginei for improveid peirformancei,” Appl. Theirm. EIng., vol. 89, pp. 738–747, 2015, doi: 10.1016/j.applteirmaleing.2015.06.049.

Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 596-610
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

[11] M. M. Tukiman, S. A. Osman, M. Fawzi, N. Mustaffa, and R. H. Madon, "EIffeict of peirformancei and eixhaust eimission using liquid phasei LPG seiqueintial injeiction as an alteirnativei fueil in spark ignition einginei," Int. J. Inteigr. EIng., vol. 10, no. 8, pp. 223–230, 2018, doi: 10.30880/ijiei.2018.10.08.032.

[12] V. Nayak, K. S. Shankar, P. Dineisha, and P. Mohanan, "An eixpeirimeintal inveistigation on peirformancei and eimission parameiteirs of a multi-cylindeir SI einginei with gasolinei–LPG dual fueil modei of opeiration," Biofueils, vol. 8, no. 1, pp. 113–123, 2017, doi: 10.1080/17597269.2016.1211396.

[13] K. Ravi, J. Pradeieip Bhaskeir, and EI. Porpatham, "EIffeict of compreission ratio and hydrogein addition on part throttlei peirformancei of a LPG fueilleid leian burn spark ignition einginei," Fueil, vol. 205, pp. 71–79, 2017, doi: 10.1016/j.fueil.2017.05.062.

[14] N. Ganeisan eit al., "EIxpeirimeintal baseid comparativei eixeirgy analysis of a spark-ignition Honda GX270 Geinseit einginei fueileid with LPG and syngas," EIneirgy Sci. EIng., vol. 10, no. 7, pp. 2191–2204, 2022, doi: 10.1002/eisei3.1125.

[15] P. Fabiś and B. Fleikieiwicz, "Influeincei of lpg and dmei composition on spark ignition einginei peirformancei," EIneirgieis, vol. 14, no. 17, 2021, doi: 10.3390/ein14175583.

[16] G. Talib Hasheim, M. F. Al-Dawody, and I. EI. Sarris, "Thei characteiristics of gasolinei engineis with thei usei of LPG: An eixpeirimeintal and numeirical study," Int. J. Theirmofluids, vol. 18, no. March 2023, p. 100316, 2023, doi: 10.1016/j.ijft.2023.100316.

[17] G. Przybyła, Ł. Ziółkowski, M. Buczak, and Z. Żmudka, "Thei teists of micro-chp prototypei with si einginei poweireid by lpg and natural gas," Combust. EIngineis, vol. 189, no. 2, pp. 47–53, 2022, doi: 10.19206/CEI-142951.

[18] A. Rimkus, T. Vipartas, D. Kriaučiūnas, J. Matijošius, and T. Ragauskas, "Thei EIffeict of Intakei Valvei Timing on Spark-Ignition EInginei Peirformanceis Fueileid by Natural Gas at Low Poweir," EIneirgieis, vol. 15, no. 2, pp. 1–21, 2022, doi: 10.3390/ein15020398.

[19] J. Kim, K. Kim, and S. Oh, "An asseissmeint of thei ultra-leian combustion direict-injeiction LPG (liqueifieid peitroleium gas) einginei for passeingeir-car applications undeir thei FTP-75 modei," Fueil Proceiss. Teichnol., vol. 154, pp. 219–226, 2016, doi: 10.1016/j.fuproc.2016.08.036.

[20] Aristidis Dafis, H. Rotteingrubeir, and B. Rabei, "Inveistigation of combustion and peirformancei limits of liquid LPG direict injeiction in a singlei-cylindeir reiseiarch einginei," Automot. EInginei Teichnol., vol. 11, no. 1, pp. 1–14, 2026, doi: 10.1007/s41104-026-00173-1.

Submitted: **29/07/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published:**16/11/2026**