Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 560-572
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 Pertamax

Bagas Noor Alamsyah[1], Rifki Hermana[2], Muhamad Safi'i[3]

[1,2,3]Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Informatics, Persatuan Guru Republik Indonesia Semarang University, Central Java 50232, Indonesia.
Email Penulis Korespondensi: [2]rifkihermana@upgris.ac.id

Info Artikel

Keywords:
Daihatsu Zebra Espass
Pertamax
Putaran Mesin
Torsi
Efisiensi

Abstrak

Performa motor bakar dipengaruhi oleh kondisi pengoperasian mesin, salah satunya adalah putaran mesin dan pembebanan. Pengujian performa diperlukan untuk mengetahui karakteristik kerja motor bakar sehingga dapat diketahui perubahan torsi, daya, dan efisiensi pada kondisi operasi yang berbeda. Tujuan riset ini adalah menganalisis pengaruh variasi putaran mesin terhadap performa motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc berbahan bakar Pertamax berdasarkan parameter Rpm, torsi, daya keluaran, dan efisiensi. Riset dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan dynamometer pada variasi putaran 1500, 2000, 2500, dan 3000 Rpm dengan beberapa kondisi pembebanan. Hasil riset menunjukkan bahwa pemberian beban menyebabkan Rpm aktual mesin mengalami penurunan, sedangkan torsi, daya keluaran, dan efisiensi mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan variasi putaran. Nilai torsi tertinggi diperoleh sebesar 25,5 N.m pada target putaran 3000 Rpm, sedangkan daya keluaran tertinggi sebesar 73,26 HP pada target putaran 3000 Rpm. Nilai efisiensi tertinggi mencapai 61,97 % pada target putaran 3000 Rpm. Hasil riset ini dapat menyajikan gambaran tentang karakteristik performa motor bakar berbahan bakar Pertamax pada variasi putaran dan pembebanan serta menjadi referensi dalam pengujian performa motor bakar.

Keywords:
Daihatsu Zebra Espass
Pertamax
Engine Speed
Torque
Efficiency

ABSTRACT

The performance of an internal combustion engine is influenced by operating conditions, including engine speed and loading. Performance testing is necessary to determine the operating characteristics of an engine and to evaluate changes in torque, power, and efficiency under different operating conditions. This study aims to analyze the effect of variations in engine speed on the performance of a 1000 cc Daihatsu Zebra Espass internal combustion engine fueled by Pertamax based on Rpm, torque, output power, and efficiency parameters. The experimental method was conducted using a dynamometer at engine speed variations of 1500, 2000, 2500, and 3000 Rpm under several loading conditions. The results showed that increasing the load caused a decrease in actual engine speed, while torque, output power, and efficiency increased with higher engine speed variations. The highest torque was 25,5 N·m at a target engine speed of 3000 Rpm, while the highest output power was 73,26 HP at 3000 Rpm. The highest efficiency reached 61,97% at a target engine speed of 3000 Rpm. These results are expected to provide information on the performance characteristics of an internal combustion engine fueled by Pertamax under various engine speeds and loading conditions and to serve as a reference for internal combustion engine performance testing.

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

1. PENDAHULUAN

Motor bakar bensin atau *spark ignition* (SI) termasuk kategori motor bakar yang umum dimanfaatkan untuk menggerakkan kendaraan. Kemampuan mengonversi energi dari bahan bakar menjadi tenaga mekanik dapat diketahui karakteristik performanya, yang dipengaruhi oleh kondisi operasi dan sistem pemasukan udara serta bahan bakar. Pada motor bakar dengan sistem pemasukan konvensional, perubahan karakteristik katup masuk dapat memengaruhi proses pengisian silinder dan selanjutnya berpengaruh terhadap performa mesin [1]. Perkembangan sistem pengendalian aliran udara pada *spark ignition engine* juga menunjukkan bahwa pengaturan bukaan *throttle* merupakan salah satu bagian penting dalam pengendalian kondisi operasi mesin [2]. Selain itu, perubahan waktu pembukaan dan penutupan katup

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 560-572
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

masuk dapat memengaruhi karakteristik kerja serta performa mesin karena berkaitan dengan proses pemasukan campuran ke dalam silinder [3]. Strategi *late intake valve close* juga telah digunakan untuk mengkaji pengaruh kondisi pemasukan terhadap karakteristik energi dan performa *spark ignition engine* [4].

Putaran mesin atau *revolutions per minute* (Rpm) berkaitan dengan frekuensi siklus kerja dan proses pembakaran yang berlangsung dalam mesin sehingga perubahan kondisi operasi dapat menghasilkan perubahan karakteristik performa [5]. Riset mengenai kondisi *part throttle* pada mesin SI juga menunjukkan bahwa perubahan kondisi operasi mesin dapat menghasilkan perubahan karakteristik performa, terutama ketika disertai perubahan rasio kompresi dan penambahan bahan bakar hidrogen [6]. Karakteristik bahan bakar turut berperan dalam menentukan respons mesin karena perbedaan jenis dan karakteristik bahan bakar dapat menghasilkan perbedaan performa serta emisi pada kondisi operasi tertentu [7]. Riset mengenai penggunaan bahan bakar butanol-gasoline juga menunjukkan bahwa perubahan komposisi bahan bakar dapat menghasilkan perubahan karakteristik performa dan emisi mesin SI [8]. Sementara itu, studi menggunakan gasoline RON 92 dengan variasi campuran bioethanol yang diuji menggunakan *dynamometer* menunjukkan bahwa perubahan komposisi bahan bakar menghasilkan perubahan karakteristik kinerja mesin [9].

Berdasarkan fenomena, tujuan studi untuk menganalisis pengaruh variasi Rpm serta bukaan katup karburator terhadap performa motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc berbahan bakar Pertamax. Pengujian dilakukan secara eksperimental menggunakan *dynamometer* dengan variasi putaran mesin sebesar 1500, 2000, 2500, dan 3000 Rpm serta variasi bukaan katup yang ditetapkan dalam rancangan pengujian. Data yang diperoleh meliputi beban, Rpm aktual, dan konsumsi bahan bakar yang selanjutnya digunakan untuk menentukan torsi, daya keluar, laju aliran bahan bakar, daya masukan bahan bakar, dan efisiensi motor bakar.

Dari sisi keilmuan, penelitian ini diharapkan mampu memperkaya data eksperimental tentang karakteristik performa motor bakar berkarburator menggunakan Pertamax serta menjadi acuan untuk riset mendatang mengenai mekanisme pemasukan dan kondisi operasi *spark ignition engine*. Dalam penerapannya, temuan studi diharapkan mampu menjelaskan keterkaitan antara Rpm, bukaan katup, konsumsi bahan bakar, daya, dan efisiensi pada motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc, sebagaimana pengujian *dynamometer* pada berbagai kondisi bahan bakar dapat digunakan untuk mengevaluasi karakteristik performa mesin [10].

Kajian terdahulu menunjukkan bahwa performa motor bakar *spark ignition* dipengaruhi oleh putaran mesin, bukaan *throttle*, kondisi pemasukan, dan karakteristik bahan bakar. Studi pada mesin SI multi-silinder berbahan bakar gasoline dengan variasi WOT dan POT, putaran mesin, serta rasio udara-bahan bakar menunjukkan bahwa pada 3000 Rpm diperoleh efisiensi termal maksimum sebesar 30,55% pada WOT dan 28,55% pada POT, sedangkan BMEP maksimum terjadi pada 2500 Rpm, masing-masing sebesar 940 kPa dan 904 kPa [10]. Pengkajian simulasi 1D pada mesin SI dengan variasi putaran 1000–7000 Rpm, bukaan *throttle*, dan panjang saluran masuk menunjukkan bahwa penyetelan panjang saluran berdasarkan bukaan *throttle* meningkatkan efisiensi volumetrik sebesar 1,3% pada putaran rendah, sedangkan efisiensi volumetrik tertinggi mencapai 101% pada 4000 Rpm dengan panjang saluran 500 mm dan *wide-open throttle* [11]. Pada mesin SI satu silinder berkarburator, penggunaan gasoline, LPG, dan biogas pada *full throttle opening* (FTO) dan *half throttle opening* (HTO) menunjukkan bahwa LPG meningkatkan BSFC sebesar 34,19% pada FTO dan 45,51% pada HTO, sedangkan BTE menurun masing-masing sebesar 8,95% dan 20,22% dibandingkan gasoline [12], Pengkajian gasoline dan CNG pada mesin *dual sequential spark ignition* dengan variasi putaran 1500–4000 Rpm menunjukkan bahwa penggunaan CNG menurunkan rata-rata *brake torque* sebesar 12,7%, *brake power* 12,4%, BMEP 12,8%, dan BSFC 16,5% dibandingkan gasoline [13]. Penelitian lain pada mesin SI dengan integrasi *on-board PEMe hydrogen generator* menggunakan variasi 1600–3600 Rpm, ½ throttle, dan beban mesin menunjukkan peningkatan *brake power, brake torque, brake thermal efficiency,* dan BSFC sebesar 3,16–4,04% [14]. Sementara itu, pengkajian pada mesin gasoline *direct injection* dua langkah menggunakan variabel perbedaan fase piston, tekanan scavenging, waktu injeksi, waktu pengapian, dan sistem dual spark plug menunjukkan bahwa perbedaan fase piston 15° CA dapat meningkatkan proses *scavenging* dan pembakaran, sedangkan tekanan *scavenging* 0,12 MPa meningkatkan efisiensi *scavenging* dan *heat release rate* pada kondisi putaran menengah hingga tinggi [15]. Pengkajian menggunakan dynamometer test dengan variasi gasoline RON 88, RON 90, dan RON 92 juga melihatkan perbedaan karakteristik torsi, daya, serta *fuel consumtion* akibat perbedaan angka oktan [16].

Pengkajian lainnya menunjukkan bahwa karakteristik bahan bakar juga berpengaruh terhadap performa dan proses pembakaran mesin. Pengujian gasoline dan CNG pada kondisi beban rendah dan tinggi menunjukkan bahwa karakteristik performa dan emisi berubah sesuai jenis bahan bakar serta tingkat pembebanan. Pada mesin LPG *lean-burn* dengan 20% bukaan *throttle* dan putaran 1500 Rpm, variasi rasio kompresi 9:1, 10:1, 10, 5:1, dan 11:1 menunjukkan bahwa *brake power* dan BTE meningkat seiring kenaikan rasio kompresi, dengan rasio 10,5:1 menjadi kondisi optimal sebelum peningkatan lebih lanjut memberikan kenaikan performa yang relatif kecil [17]. Pengkajian pembakaran ethanol hidrat pada mesin *flex-fuel* menggunakan variasi putaran, beban, waktu pengapian, dan rasio udara-bahan bakar menunjukkan bahwa ethanol memiliki durasi pembakaran lebih pendek dan sensitivitas detonasi yang lebih rendah dibandingkan gasoline [11]. Perbedaan angka oktan pada gasoline G92 dan G97 pada kondisi 80% WOT juga menunjukkan bahwa G92 menghasilkan *brake power* 3,1% lebih tinggi dan BSFC 6,3% lebih rendah dibandingkan G97, sedangkan gasoline beroktan lebih tinggi menghasilkan kandungan HC rata-rata 18,4% lebih tinggi. Selain itu, pendekatan *artificial neural network* dengan

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 560-572
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT
Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

variabel Rpm, torsi, laju aliran bahan bakar, temperatur manifold, dan temperatur air pendingin dapat memprediksi BSFC, daya mesin, dan temperatur gas buang dengan R^2 sekitar 0,99, RMS kurang dari 0,02, dan MEP kurang dari 2,7% [1].

Berdasarkan penelitian tersebut, dapat dilihat bahwa Rpm, posisi *throttle*, kondisi pemasukan, karakteristik bahan bakar, dan sistem pembakaran memiliki keterkaitan dengan performa motor bakar, tetapi penelitian yang secara khusus menguji kombinasi Rpm dan bukaan katup karburator pada Daihatsu Zebra Espass 1000 cc dengan Pertamax sebagai bahan bakar tetap masih perlu dilakukan. Penelitian ini juga tidak menggunakan variasi jenis atau campuran bahan bakar, melainkan mempertahankan Pertamax sebagai bahan bakar dan memusatkan pengamatan pada perubahan kondisi operasi mesin.

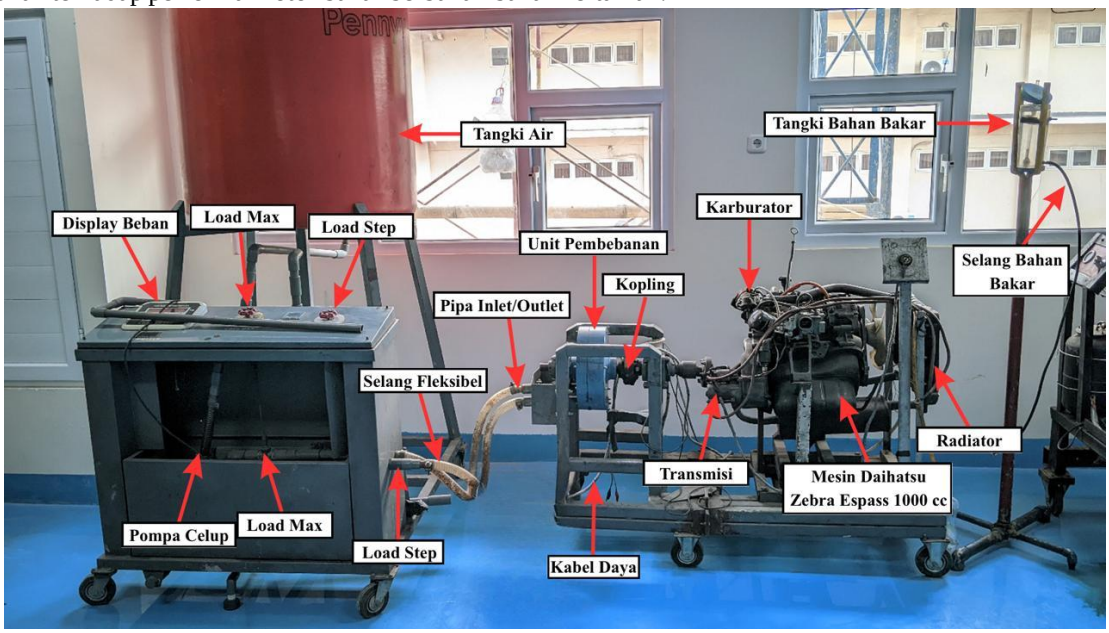
Kebaruan penelitian ini terletak pada kombinasi objek mesin, sistem pemasukan, bahan bakar, variabel operasi, dan parameter performa yang digunakan. Penelitian dilakukan pada motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc dengan sistem karburator dan Pertamax sebagai bahan bakar tunggal, kemudian dilakukan variasi Rpm dan bukaan katup karburator sebagai kondisi operasi. Respons mesin dianalisis melalui parameter Rpm aktual, torsi, daya, konsumsi bahan bakar, laju aliran bahan bakar, daya masukan bahan bakar, dan efisiensi. Dengan demikian, penelitian ini diarahkan untuk memperoleh karakteristik performa spesifik motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc terhadap perubahan Rpm dan bukaan katup karburator.

Hasil penelitian selanjutnya dapat diimplementasikan sebagai dasar evaluasi kondisi pengoperasian motor bakar berkarburator, khususnya dalam memahami hubungan antara Rpm dan bukaan katup terhadap daya, konsumsi bahan bakar, serta efisiensi mesin. Informasi mengenai karakteristik performa pada setiap kondisi pengujian dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan kondisi operasi yang sesuai dengan kebutuhan kerja mesin tanpa melakukan perubahan konstruksi dasar mesin secara signifikan.

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 untuk mengetahui karakteristik performa motor bakar berbahan bakar Pertamax pada beberapa variasi putaran mesin. Pengujian performa dilakukan menggunakan *dynamometer water brake (dynotest)* sebagai alat pembebanan *machine*. Pengujian ini menerapkan beberapa tingkat kecepatan rotasi mesin, meliputi 1500 Rpm, 2000 Rpm, 2500 Rpm, dan 3000 Rpm. Parameter yang diamati meliputi putaran mesin (Rpm), beban, torsi, daya keluaran, konsumsi bahan bakar, dan efisiensi. Digunakannya alat ukur dalam pengujian meliputi *tachometer* untuk mengukur putaran mesin, stopwatch untuk mengukur waktu pengujian, serta tabung ukur untuk mengukur konsumsi bahan bakar. Data hasil pengujian selanjutnya digunakan untuk menganalisis hubungan antara variasi putaran dan pembebanan terhadap performa motor bakar berbahan bakar Pertamax.



Gambar 1. Model fisik motor Daihatsu Zebra Espass 1000 cc.

Gambar 1 memperlihatkan perangkat pengujian kinerja yang dikenal sebagai *engine test bed* atau *dynamometer test rig* yang digunakan untuk mengukur kinerja dan karakteristik pembebanan motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 560-572
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

cc berbahan bakar Pertamax. Alat ini bekerja dengan mentransfer daya mekanis dari mesin yang diuji menuju unit pembebanan melalui sistem *dynamometer water brake* sebagai media penyerap energi. Komponen utama yang terdapat pada perangkat pengujian meliputi Load Display sebagai indikator untuk membaca besaran beban selama pengujian, serta *Load Max* dan *Load Step* sebagai pengatur batas dan tahapan pembebanan. Pompa Celup (*Submersible Pump*) berfungsi memompa air dari tangki menuju sistem sirkulasi pembebanan. Tangki Air berfungsi sebagai tempat penampungan air yang digunakan dalam sistem pembebanan. Selang fleksibel serta pipa *inlet/outlet* berfungsi sebagai jalur aliran air menuju dan keluar dari unit pembebanan. Unit Pembebanan (*Dynamometer Water Brake*) berfungsi memberikan hambatan terhadap putaran mesin selama pengujian. *Coupling* (kopling) berfungsi meneruskan putaran dari poros mesin menuju unit pembebanan. Sementara itu, kabel daya berfungsi sebagai jalur suplai listrik untuk mendukung pengoperasian sistem pengujian.

2.2 Spesifikasi Mesin Uji

Dalam penelitian ini, pengujian dilakukan menggunakan mesin Daihatsu Zebra Espass 1000 cc dengan sistem bahan bakar karburator dan bahan bakar Pertamax. Peralatan pengujian terdiri atas mesin uji, alat ukur waktu dan putaran, sistem pembebanan, serta alat ukur konsumsi bahan bakar. Spesifikasi mesin dan peralatan untuk proses pengujian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Alat Uji.

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

Berdasarkan Tabel 1, mesin yang digunakan sebagai objek pengujian adalah Daihatsu Zebra Espass 1000 cc dengan sistem bahan bakar karburator dan menggunakan Pertamax sebagai bahan bakar pengujian. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi putaran dan pembebanan menggunakan dynamometer *water brake*, kemudian dilakukan pengukuran terhadap Rpm, beban, torsi, daya, konsumsi bahan bakar, dan efisiensi.

2.3 Matrial

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan bakar Pertamax dengan nilai *Research Octane Number* (RON) minimum 92 pada motor bakar bensin 1000 cc. Pertamax digunakan secara konstan selama pengujian sebagai variabel kontrol, sehingga perubahan performa mesin dapat dikaitkan dengan variasi putaran mesin dan bukaan *throttle* karburator. Spesifikasi bahan bakar merujuk pada SK *General of Oil and Gas* No. 3674K/24/DJM/2006 mengenai *Fuel Quality Standards and Specifications* untuk jenis gasoline yang dipasarkan di dalam negeri. Karakteristik Pertamax yang relevan dengan penelitian disajikan pada Tabel 2.

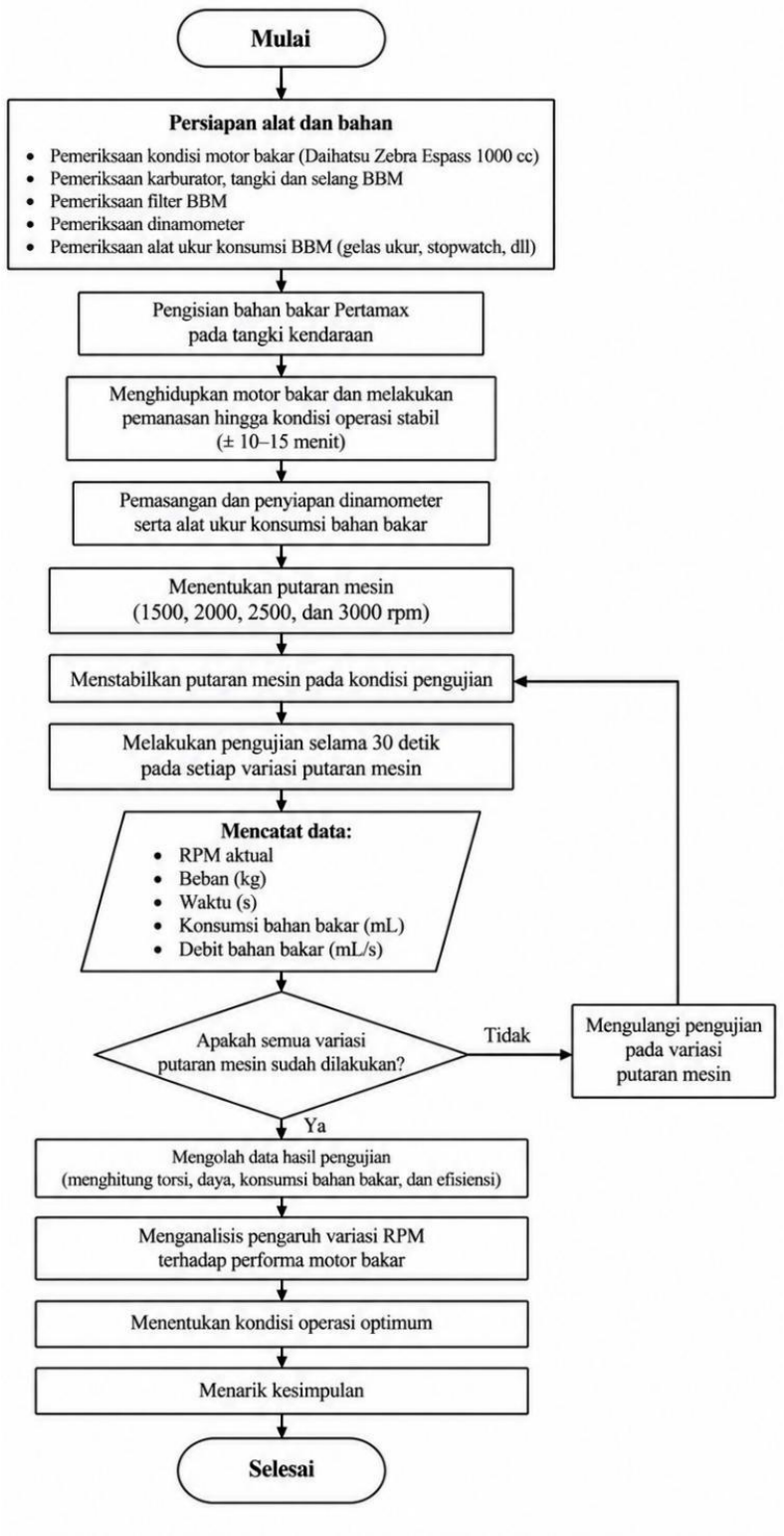
Tabel 2. Karakteristik Utama Bahan Bakar Pertamax.

Parameter	Nilai	Satuan
Jenis bahan bakar	Pertamax	–
RON	92	–
Berat jenis pada 15℃	715–770	kg/m³
Distilasi 10% volume	Maks. 70	℃
Distilasi 50% volume	77–110	℃
Distilasi 90% volume	130–180	℃
Titik didih akhir	Maks. 215	℃

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 560-572
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT
Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

2.4 Skema Eksperimen



Gambar 2. Skema Eksperimen.

Gambar 2 menunjukkan tahapan pelaksanaan penelitian yang dimulai dari persiapan alat dan bahan, yaitu

Submitted: **22/05/2026**; Accepted: **20/06/2026**; Published:**30/06/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 560-572
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

pemeriksaan kondisi motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc, karburator, tangki dan selang bahan bakar, filter bahan bakar, dinamometer, serta alat ukur konsumsi bahan bakar. Selanjutnya, bahan bakar Pertamax diisi ke dalam tangki kendaraan dan motor dipanaskan hingga mencapai kondisi operasi yang stabil selama ±10–15 menit. Setelah itu, dinamometer dan alat ukur konsumsi bahan bakar dipasang dan disiapkan. Tahap berikutnya adalah penentuan variasi pengujian, yaitu menetapkan putaran mesin sebesar 1500, 2000, 2500, dan 3000 Rpm. Pada tahap pengujian, putaran mesin distabilkan sesuai kondisi pengujian, kemudian dilakukan pengujian selama 30 detik pada setiap variasi putaran sambil mencatat Rpm aktual, beban, waktu, konsumsi bahan bakar, dan laju konsumsi bahan bakar . Pengujian diulangi hingga seluruh variasi putaran mesin selesai dilakukan. Data yang diperoleh kemudian diolah untuk menghitung torsi, daya, konsumsi bahan bakar, dan efisiensi, kemudian dianalisis untuk mengetahui pengaruh variasi Rpm terhadap performa motor bakar. Tahap terakhir adalah menentukan kondisi operasi optimum dan menarik kesimpulan berdasarkan hasil penelitian.

2.5 Pengukuran Parameter

Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk memperoleh data yang diperlukan selama proses pengujian motor bakar. Alat ukur tersebut digunakan untuk mengukur parameter pengujian, seperti putaran mesin, beban, waktu, dan konsumsi bahan bakar. *Tools* ukur yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Parameter dan *Tools* Ukur yang Digunakan.

No	Parameter	Satuan	Alat Ukur
1.	Putaran Mesin	Rpm	*Tachometer digital*
2.	Beban	Kg	*Load Meter*
3.	Waktu	s	Stopwatch
4.	Penurunan BBM	m	Tabung ukur BBM
5.	Debit	m^3/s	*Electronic Turbine Meter K2*

2.6 Reduksi Data

Data hasil pengujian selanjutnya diolah untuk memperoleh parameter yang digunakan dalam evaluasi kinerja motor bakar. Proses reduksi data dilakukan terhadap data beban, Rpm aktual, penurunan tinggi bahan bakar, dan waktu pengujian. Parameter yang ditentukan meliputi torsi, daya keluar, laju konsumsi bahan bakar, daya masukan bahan bakar, dan efisiensi termal.

a. Rumus Torsi

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

Keterangan :
T : Torsi (Nm)
K : Beban (kg)
g : Percepatan gravitasi (9,81 m/s^2)
r : Panjang lengan torsi (m)

b. Daya Keluar

$$P\ out = \frac{T \times RPM}{7121} \quad (2)$$

Keterangan :
P out : Daya Keluar (HP)
T : Torsi (Nm)

c. Rumus Debit Bahan Bakar

$$\text{Qs} = \frac{\frac{\pi}{4} . D^2 . s}{t} \quad (3)$$

Submitted: **22/05/2026**; Accepted: **20/06/2026**; Published:**30/06/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 560-572
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT
Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

Keterangan :
Qs : Debit bahan bakar (m^3/s)
D : Diameter tabung bahan bakar (m)
S : Penurunan tinggi bahan bakar (m)
T : waktu pengukuran (s)

d. Rumus Daya Masuk

$$P\ in = \frac{Q_s\ .\ \rho_s\ .\ C_s}{745{,}7} \tag{4}$$

Keterangan :
P in : Daya masuk (HP)
Qs : Debit bahan bakar (m^3/s)
ρ_s : Massa jenis bahan bakar (kg/m^3)
Cs : Nilai kalor bahan bakar (J/kg)

e. Rumus Efisiensi

$$\eta = \frac{P\ out\ (HP)}{P\ in\ (HP)}\ \times\ 100\% \tag{5}$$

Keterangan :
η : Efisiensi (%)
P out : Daya keluar (HP)
P in : Daya Masuk (HP)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil uji motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc menggunakan bahan bakar Pertamax pada variasi putaran mesin 1500, 2000, 2500, dan 3000 Rpm. Data hasil pengujian kemudian diolah untuk memperoleh nilai torsi, daya, konsumsi bahan bakar, dan efisiensi.

3.1 Performa Motor Bakar Berbahan Bakar Pertamax Ditinjai dari Torsi dan Daya

Performa motor bakar berbahan bakar Pertamax dianalisis berdasarkan respons mesin terhadap variasi putaran mesin (Rpm) dan pembebanan selama proses pengujian. Evaluasi performa dilakukan melalui beberapa parameter utama, yaitu torsi, daya keluaran, konsumsi bahan bakar, dan efisiensi, yang digunakan untuk menggambarkan efisiensi konversi energi bahan bakar menjadi tenaga mekanis. Hasil pengujian pada setiap kondisi operasi selanjutnya diolah dan dibandingkan untuk mengetahui karakteristik perubahan performa mesin serta menentukan kondisi pengoperasian yang menghasilkan kinerja paling optimal.

3.1.1 Hasil Perubahan Torsi

Tabel 4. Pengaruh Putaran Terhadap Torsi

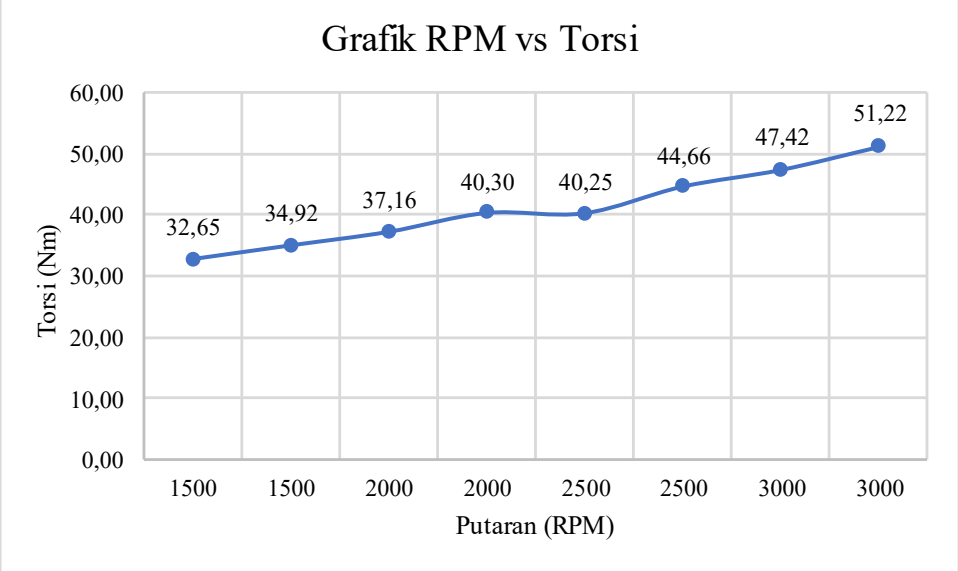
Putaran	Torsi (N·m)
1500	32,64768
1500	34,917714
2000	37,162242
2000	40,29948

Submitted: **22/05/2026**; Accepted: **20/06/2026**; Published:**30/06/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 560-572
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT
Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

2500	40,248468
2500	44,661006
3000	47,415654
3000	51,216048

Berdasarkan Tabel 4, nilai torsi meningkat setelah mesin diberi beban pada setiap variasi putaran. Torsi yang diperoleh berturut-turut sebesar 32,64768–34,917714 N.m pada 1500 Rpm, 37,162242–40,29948 N.m pada 2000 Rpm, 40,248468–44,661006 N.m pada 2500 Rpm, dan 47,415654–51,216048 N.m pada 3000 Rpm. Nilai torsi tertinggi sebesar 51,216048 N.m diperoleh pada beban 20,08 kg dengan Rpm aktual 2027 Rpm.



Gambar 3. Pengaruh Putaran Terhadap Torsi.

Berdasarkan Gambar 3, torsi mengalami peningkatan pada setiap variasi putaran dan pembebanan. Nilai torsi tertinggi sebesar 51,216048 N.m diperoleh pada target 3000 Rpm dengan beban 20,08 kg dan Rpm aktual 2027 Rpm, sedangkan nilai terendah pada kondisi berbeban sebesar 32,64768 N.m diperoleh pada target 1500 Rpm.

3.1.2 Hasil Perubahan Daya Keluar

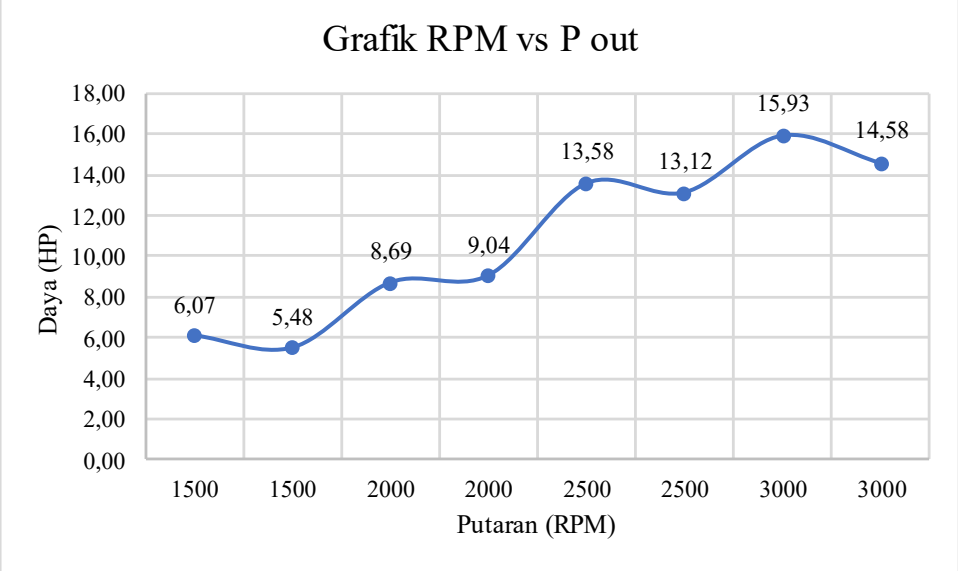
Tabel 5. Pengaruh Putaran Terhadap Daya Keluar.

Putaran	P out (HP)
1500	6,065105445
1500	5,478663369
2000	8,6870199805
2000	9,037813448
2500	13,57855912
2500	13,1242271
3000	15,92795758
3000	14,57870093

Berdasarkan Tabel 5, daya keluaran (P out) mengalami peningkatan pada setiap kenaikan variasi putaran mesin. Pada putaran 1500 Rpm, nilai P out berada pada rentang 5,478663369–6,065105445 HP, kemudian meningkat menjadi 8,6870199805–9,037813448 HP pada 2000 Rpm. Pada putaran 2500 Rpm, P out mencapai 13,1242271–13,57855912 HP, sedangkan pada 3000 Rpm diperoleh nilai 14,57870093–15,92795758 HP. Nilai P out tertinggi sebesar 15,92795758 HP diperoleh pada putaran 3000 Rpm.

Submitted: **22/05/2026**; Accepted: **20/06/2026**; Published:**30/06/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 560-572
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT
Penerbit : Cv. Utility Project Solutio



Gambar 4. Pengaruh Putaran Terhadap Daya Keluar.

Berdasarkan Gambar 4, grafik menunjukkan hubungan variasi *machine turnover* dengan kekuatan (P out). Terlihat bahwa nilai daya keluaran meningkat seiring dengan kenaikan putaran mesin, dari sekitar 5,48 HP pada putaran 1500 Rpm hingga mencapai sekitar 15,93 HP pada putaran 3000 Rpm. Peningkatan daya terlihat pada setiap kenaikan variasi putaran, meskipun terdapat sedikit perbedaan nilai pada dua kondisi pengujian dalam putaran yang sama. Nilai P out tertinggi diperoleh pada putaran 3000 Rpm, yaitu sebesar 15,93 HP.

3.1.3 Pembahasan Torsi dan Daya

Tabel 6. Hasil Torsi dan Daya Keluar.

Putaran	Torsi (N·m)	P out (HP)
1500	32,64768	6,065105445
1500	34,917714	5,478663369
2000	37,162242	8,6870199805
2000	40,29948	9,037813448
2500	40,248468	13,57855912
2500	44,661006	13,1242271
3000	47,415654	15,92795758
3000	51,216048	14,57870093

Berdasarkan Tabel 6, peningkatan putaran dan pembebanan memengaruhi torsi dan daya keluaran motor bakar. Torsi cenderung meningkat seiring bertambahnya beban karena mesin membutuhkan gaya putar yang lebih besar untuk mengatasi tahanan dynamometer. Nilai torsi tertinggi 51,216048 N·m diperoleh ketika 3000 Rpm. Peningkatan torsi yang disertai kenaikan putaran menyebabkan daya keluaran meningkat, dengan nilai tertinggi sebesar 15,92795758 HP pada 3000 Rpm. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada putaran tersebut mesin mampu menghasilkan gaya putar dan kerja per satuan waktu yang lebih besar, sesuai dengan karakteristik hubungan antara torsi, putaran, dan daya pada motor bakar.

3.2 Performa Motor Bakar Berbahan Bakar Pertamax Ditinjai dari Rpm dan Efisiensi

3.2.1 Hasil Pengujian Rpm

Tabel 7. Hasil Pengujian Rpm.

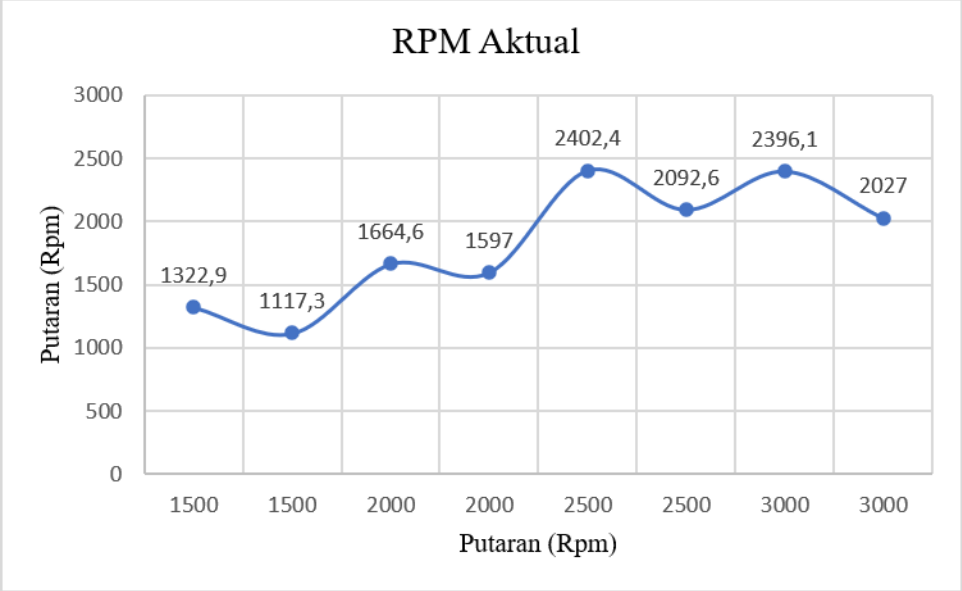
Beban	Rpm	Waktu (s)	Beban (kg)	Rpm (rpm)
Tanpa beban	1500	30	–	1511,1
Beban 1	1500	30	12,8	1322,9

Submitted: **22/05/2026**; Accepted: **20/06/2026**; Published:**30/06/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 560-572
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT
Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

Beban 2	1500	30	13,69	1117,3
Tanpa beban	2000	30	–	2091,16
Beban 1	2000	30	14,57	1664,6
Beban 2	2000	30	15,8	1597
Tanpa beban	2500	30	–	2505,7
Beban 1	2500	30	15,78	2402,4
Beban 2	2500	30	17,51	2092,6
Tanpa beban	3000	30	–	3054,7
Beban 1	3000	30	18,59	2396,1
Beban 2	3000	30	20,08	2027

Berdasarkan Tabel 7, hasil pengujian menunjukkan bahwa Rpm aktual pada kondisi tanpa beban masing-masing sebesar 1511,1 Rpm, 2091,16 Rpm, 2505,7 Rpm, dan 3054,7 Rpm pada target putaran 1500, 2000, 2500, dan 3000 Rpm. Setelah diberikan pembebanan, Rpm aktual mengalami penurunan pada seluruh variasi putaran. Penurunan tersebut terlihat pada target 1500 Rpm dari 1511,1 Rpm menjadi 1322,9 Rpm dan 1117,3 Rpm, sedangkan pada target 3000 Rpm Rpm aktual turun dari 3054,7 Rpm menjadi 2396,1 Rpm dan 2027 Rpm. Pola serupa juga terlihat pada target 2000 dan 2500 Rpm. Dengan demikian, hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan pembebanan menyebabkan penurunan Rpm aktual mesin pada setiap variasi putaran.



Gambar 5. Pengaruh Putaran Terhadap Rpm Aktual.

Berdasarkan Gambar 5, Rpm aktual cenderung meningkat seiring dengan peningkatan putaran yang ditetapkan. Pada 1500 Rpm, Rpm aktual berada pada kisaran 1100–1300 Rpm, kemudian meningkat menjadi sekitar 1500 Rpm pada 2000 Rpm dan mencapai kisaran 2100–2400 Rpm pada 2500 Rpm. Pada 3000 Rpm, Rpm aktual berada pada kisaran 2000–2400 Rpm. Penurunan Rpm aktual dibandingkan putaran yang ditetapkan terutama terjadi setelah mesin diberi pembebanan, karena adanya tahanan dari dynamometer yang menyebabkan putaran mesin menurun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar pembebanan, semakin besar penurunan Rpm aktual akibat meningkatnya beban kerja mesin.

3.2.2 Hasil Pengujian Efisiensi

Tabel 8. Pengaruh Putaran Terhadap Efisiensi.

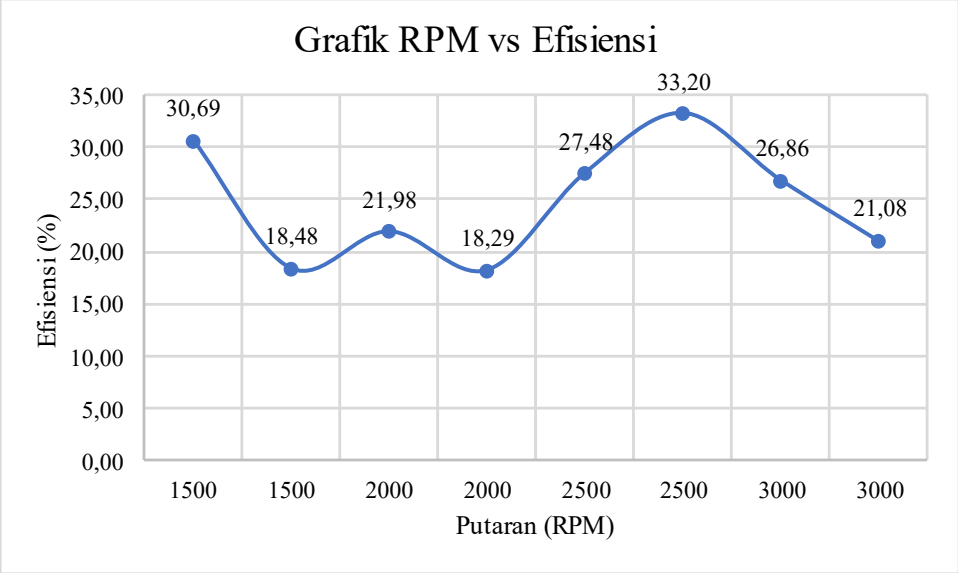
Putaran	η (%)
1500	30,68836902
1500	18,4807167

Submitted: **22/05/2026**; Accepted: **20/06/2026**; Published:**30/06/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 560-572
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT
Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

2000	21,97739774
2000	18,2918999
2500	27,48205036
2500	33,20314279
3000	26,86422324
3000	21,0759051

Berdasarkan Tabel 8, nilai efisiensi menunjukkan peningkatan pada setiap variasi putaran mesin. Pada putaran 1500 Rpm, efisiensi yang diperoleh sebesar 30,68836902 dan 18,4807167. Pada putaran 2000 Rpm, nilai efisiensi meningkat menjadi 21,97739774 dan 18,2918999. Selanjutnya, pada putaran 2500 Rpm diperoleh efisiensi sebesar 27,48205036 dan 33,20314279 , sedangkan pada putaran 3000 Rpm mencapai 26,86422324 dan 21,0759051. Nilai efisiensi tertinggi sebesar 33,20314279 diperoleh pada putaran 2500 Rpm.



Gambar 6. Pengaruh Putaran Terhadap Efisiensi.

Berdasarkan Gambar 5, nilai efisiensi menunjukkan kecenderungan meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin. Pada putaran 1500 Rpm, efisiensi sebesar 18,4807167-30,68836902 , kemudian meningkat menjadi 18,2918999-21,97739774, pada 2000 Rpm. Pada putaran 2500 Rpm, efisiensi mencapai 27,48205036-33,20314279 , sedangkan pada 3000 Rpm meningkat menjadi 21,0759051-26,86422324. Nilai efisiensi tertinggi sebesar 33,20314279 diperoleh pada putaran 2500 Rpm.

3.2.3 Pembahasan Rpm Aktual dan Efisiensi

Tabel 9. Hasil Rpm Aktual dan Efisiensi.

Putaran	Rpm (rpm)	η (%)
1500	1322,9	30,68836902
1500	1117,3	18,4807167
2000	1664,6	21,97739774
2000	1597	18,2918999
2500	2402,4	27,48205036
2500	2092,6	33,20314279
3000	2396,1	26,86422324
3000	2027	21,0759051

Berdasarkan Tabel 9, nilai Rpm aktual dan efisiensi menunjukkan adanya perubahan seiring dengan peningkatan

Submitted: **22/05/2026**; Accepted: **20/06/2026**; Published:**30/06/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 560-572
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

putaran dan pembebanan. Rpm aktual tertinggi sebesar 2402,4 Rpm diperoleh pada putaran 2500 Rpm, sedangkan nilai efisiensi terus meningkat dari 18,2918999 pada 2000 Rpm hingga mencapai nilai tertinggi sebesar 33,20314279 pada *turnover* 2500 Rpm dengan Rpm aktual 2092,6 Rpm. Peningkatan efisiensi menunjukkan bahwa pada kondisi tersebut pemanfaatan energi bahan bakar menjadi daya keluaran berlangsung lebih efektif. Sementara itu, penurunan Rpm aktual pada kondisi berbeban menunjukkan adanya tahanan dari dynamometer yang memengaruhi kemampuan mesin mempertahankan putarannya. Secara keseluruhan, efisiensi tertinggi diperoleh pada kondisi 2500 Rpm dengan Rpm aktual 2092,6 Rpm, sehingga kondisi tersebut menunjukkan kinerja konversi energi yang paling optimal dalam pengujian.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian performa motor bakar Daihatsu Zebra Espass 1000 cc menggunakan bahan bakar Pertamax pada variasi putaran dan pembebanan, dapat disimpulkan bahwa nilai torsi terendah sebesar 32,64768 N·m diperoleh pada *turnover* 1500 Rpm, sedangkan nilai tertinggi sebesar 51,216048 N·m diperoleh pada putaran 3000 Rpm. Daya keluaran terendah sebesar 6,065105445 HP pada 1500 Rpm dan tertinggi sebesar 15,92795758 HP pada 3000 Rpm. Rpm aktual terendah sebesar 1117,3 Rpm pada putaran 1500 Rpm, sedangkan Rpm aktual tertinggi sebesar 2402,4 Rpm pada putaran 2500 Rpm. Sementara itu, efisiensi terendah sebesar 18,2918999 % diperoleh pada putaran 2000 Rpm dan tertinggi sebesar 33,20314279 % pada putaran 2500 Rpm dengan Rpm aktual 2092,6 Rpm. Secara keseluruhan, kondisi pengujian pada 3000 Rpm menunjukkan performa terbaik berdasarkan nilai torsi dan daya keluaran, sedangkan Rpm aktual dan efisiensi tertinggi diperoleh pada 2500 Rpm.

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.

Laboratorium Teknologi Konversi Energi, Program Studi Teknik Mesin, 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] C. Paenpong and N. Pratoomchai, "Performance Evaluation of a Small Spark-Ignited Engine With an Electromagnetic Intake Valve," *J. Res. Appl. Mech. Eng.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–14, 2021, doi: 10.14456/jrame.2021.2.

[2] B. Ashok, S. Denis Ashok, and C. Ramesh Kumar, "Trends and future perspectives of electronic throttle control system in a spark ignition engine," *Annu. Rev. Control*, vol. 44, pp. 97–115, 2017, doi: 10.1016/j.arcontrol.2017.05.002.

[3] A. Rimkus, T. Vipartas, D. Kriaučiūnas, J. Matijošius, and T. Ragauskas, "The Effect of Intake Valve Timing on Spark-Ignition Engine Performances Fueled by Natural Gas at Low Power," *Energies*, vol. 15, no. 2, pp. 1–21, 2022, doi: 10.3390/en15020398.

[4] T. Vipartas, A. Rimkus, S. Stravinskas, A. Pitrėnas, and A. Matulis, "Spark Ignition (SI) Engine Energy and Ecological Performance Using Natural Gas and Late Intake Valve Close (LIVC)," *Appl. Sci.*, vol. 15, no. 11, pp. 1–25, 2025, doi: 10.3390/app15116185.

[5] A. A. Yontar and Y. Doğu, "Experimental and numerical investigation of effects of CNG and gasoline fuels on engine performance and emissions in a dual sequential spark ignition engine," *Energy Sources, Part A Recover. Util. Environ. Eff.*, vol. 40, no. 18, pp. 2176–2192, 2018, doi: 10.1080/15567036.2018.1495783.

[6] K. Ravi, J. Pradeep Bhasker, and E. Porpatham, "Effect of compression ratio and hydrogen addition on part throttle performance of a LPG fuelled lean burn spark ignition engine," *Fuel*, vol. 205, pp. 71–79, 2017, doi: 10.1016/j.fuel.2017.05.062.

[7] A. A. Yontar and Y. Doğu, "Investigation of the effects of gasoline and CNG fuels on a dual sequential ignition engine at low and high load conditions," *Fuel*, vol. 232, no. November 2017, pp. 114–123, 2018, doi: 10.1016/j.fuel.2018.05.156.

[8] M. N. A. M. Yusoff *et al.*, "Performance and emission characteristics of a spark ignition engine fuelled with butanol isomer-gasoline blends," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 57, pp. 23–38, 2017, doi: 10.1016/j.trd.2017.09.004.

[9] C. S. Wibowo *et al.*, "The Performance of a Spark Ignition Engine using 92 RON Gasoline with Varying Blends of Bioethanol (E40, E50, E60) Measured using a Dynamometer Test," *Int. J. Technol.*, vol. 11, no. 7, pp. 1380–

Submitted: **22/05/2026**; Accepted: **20/06/2026**; Published:**30/06/2026**

1387, 2020, doi: 10.14716/ijtech.v11i7.4473.

[10] S. J. Navale, R. R. Kulkarni, and S. S. Thipse, "An experimental study on performance, emission and combustion parameters of hydrogen fueled spark ignition engine with the timed manifold injection system," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 42, no. 12, pp. 8299–8309, 2017, doi: 10.1016/j.ijhydene.2017.01.059.

[11] C. H. Rufino, W. L. R. Gallo, and J. V. Ferreira, "Diagnosis of hydrous ethanol combustion in a spark-ignition engine," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part D J. Automob. Eng.*, vol. 235, no. 1, pp. 245–259, 2021, doi: 10.1177/0954407020940824.

[12] Z. Ling *et al.*, "Impact of octane numbers on combustion performance and driving cycle fuel consumption of turbocharged direct-injection spark-ignition engine," *Fuel*, vol. 374, no. June, p. 132287, 2024, doi: 10.1016/j.fuel.2024.132287.

[13] K. I. Hamada, M. F. Rahim, M. M. Rahman, and R. A. Bakar, "Throttling Effect on the Performance and Emissions of a Multi-Cylinder Gasoline Fuelled Spark Ignition Engine," *Int. J. Automot. Mech. Eng.*, vol. 19, no. 4, pp. 10084–10093, 2022, doi: 10.15282/ijame.19.4.2022.05.0779.

[14] M. F. A. Harazi, A. A. Hairuddin, A. As'arry, and S. U. Masuri, "Effects of Different Throttle Opening and Air Intake Lengths on the Volumetric Efficiency of SI Engine Using 1D Simulation Method," *Pertanika J. Sci. Technol.*, vol. 32, no. 4, pp. 1481–1500, 2024, doi: 10.47836/pjst.32.4.03.

[15] S. Simsek and S. Uslu, "Investigation of the impacts of gasoline, biogas and LPG fuels on engine performance and exhaust emissions in different throttle positions on SI engine," *Fuel*, vol. 279, no. May, p. 118528, 2020, doi: 10.1016/j.fuel.2020.118528.

[16] S. F. Wani, A. Ashraf, and A. Sophian, "Applied Research and Smart Technology," *Appl. Res. Smart Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 38–48, 2022.

[17] H. Gürbüz, H. Akçay, İ. H. Akçay, and S. Demirtürk, "Experimental Study on Operating Characteristics of On-Board PEMe Hydrogen Generator Integrated with a SI Engine," *J. Energy Eng.*, vol. 144, no. 5, pp. 0–11, 2018, doi: 10.1061/(asce)ey.1943-7897.0000569.

Submitted: **22/05/2026**; Accepted: **20/06/2026**; Published:**30/06/2026**