

Analisis Pengaruh Penggunaan LPG sebagai Bahan Bakar Alternatif terhadap Performansi dan Efisiensi Mesin Bensin

Analysis of the Effect of Using LPG as an Alternative Fuel on the Performance and Efficiency of Gasoline Engines

Irvan Hendrawan Surya Dinata¹, Jufrizal^{1*}, Darianto¹, Tino Hermanto¹, Bobby Umroh¹, Nurdiana²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Medan Area, Sumatera Utara 20223, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Al-Azhar, Sumatera Utara 20153, Indonesia

*Corresponding author: jufrizal@staff.uma.ac.id

Diterima: 30-07-2025

Disetujui: 22-12-2025

Dipublikasikan: 31-12-2025

IRAJTMA is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan Liquefied Petroleum Gas (LPG) sebagai bahan bakar alternatif pengganti pertalite terhadap performansi, efisiensi energi, dan biaya operasional mesin bensin penggerak pompa air berdaya 6,5 HP. Pengujian dilakukan pada tiga kondisi operasi mesin, yaitu putaran minimum, rata-rata, dan maksimum, dengan parameter utama yang dianalisis meliputi putaran mesin, debit air, daya hidraulik, daya poros, konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC), efisiensi termal, efisiensi sistem, serta biaya energi dan biaya operasional. Hasil pengujian menunjukkan bahwa performansi hidraulik pompa, yang ditunjukkan oleh debit air dan daya hidraulik, relatif tidak berbeda signifikan antara penggunaan LPG dan pertalite pada seluruh kondisi operasi. Namun, mesin yang menggunakan pertalite cenderung memiliki efisiensi termal dan efisiensi sistem yang sedikit lebih baik dibandingkan LPG. Dari sisi ekonomi, LPG menunjukkan keunggulan yang signifikan dengan biaya operasional dan biaya energi per satuan daya yang lebih rendah dibandingkan pertalite. Dengan demikian, meskipun pertalite memberikan efisiensi teknis yang sedikit lebih tinggi, LPG terbukti lebih ekonomis dan layak digunakan sebagai bahan bakar alternatif untuk aplikasi pompa air pertanian dengan waktu operasi yang panjang.

Kata kunci: LPG, Pertalite, Pompa Air, Konsumsi Bahan Bakar Spesifik, Efisiensi Energi.

Abstract

This study investigates the effect of using Liquefied Petroleum Gas (LPG) as an alternative fuel to Pertalite on the performance, energy efficiency, and operating cost of a 6.5 HP gasoline engine-driven water pump. Experiments were conducted at three engine operating conditions: minimum, average, and maximum engine speeds. The evaluated parameters included engine speed, water discharge, hydraulic power, shaft power, brake specific fuel consumption (BSFC), thermal efficiency, overall system efficiency, and fuel operating costs. The results indicate that the pump's hydraulic performance, as measured by water discharge and hydraulic power, is not significantly affected by the type of fuel used. However, engines that use Pertalite tend to have slightly better thermal and system efficiencies than LPG engines. From an economic perspective, LPG offers a substantial advantage, with lower operating and energy costs per unit of power. Therefore, despite Pertalite's slightly superior technical efficiency, LPG is a more economical alternative fuel for long-duration water pump applications.

Keywords: LPG, Pertalite, Water Pump, Specific Fuel Consumption, Energy Efficiency.

1. Pendahuluan

Penggunaan mesin bensin untuk menggerakkan pompa air masih jadi pilihan utama di sektor pertanian, terutama di daerah yang pasokan listriknya belum stabil atau bahkan belum

tersedia. Tapi, ketergantungan pada bahan bakar minyak khususnya jenis bersubsidi seperti pertalite bisa jadi masalah tersendiri. Harga yang fluktuatif dan distribusi yang kadang tidak merata bikin biaya operasional pertanian naik, terutama buat petani yang mengandalkan pompa kecil sampai menengah dan memakainya dalam durasi cukup lama (Puppung, 1986).

Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang berpotensi menggantikan atau mengurangi penggunaan BBM pada mesin bensin. LPG memiliki bilangan oktan yang lebih tinggi dibandingkan bensin, sehingga secara teoritis mampu meningkatkan kestabilan proses pembakaran dan menurunkan kecenderungan terjadinya knocking pada mesin bensin (Borman dan Ragland 1998; Heywood 1988). Selain itu, ketersediaan LPG bersubsidi di Indonesia menjadikan bahan bakar ini menarik untuk diaplikasikan pada mesin non-transportasi, termasuk mesin penggerak pompa air pertanian.

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan LPG pada mesin bensin dapat menghasilkan performansi yang sebanding dengan bensin, meskipun terdapat perbedaan pada konsumsi bahan bakar dan efisiensi termal. Asnawi dan Setiawan (2017) serta Arjianto dan Usman (2015) melaporkan bahwa mesin bensin yang dioperasikan dengan LPG mampu bekerja secara stabil dengan penurunan unjuk kerja yang relatif kecil. Namun, pada mesin bensin standar yang tidak dirancang khusus untuk bahan bakar gas, LPG cenderung menghasilkan efisiensi termal yang sedikit lebih rendah dibandingkan bensin akibat perbedaan karakteristik pencampuran udara, bahan bakar dan laju pembakaran (Ganesan 2004; Pulkrabek 2015; Hashem, Al-Dawody, dan Sarris 2023).

Di sisi lain, beberapa studi menegaskan bahwa meskipun efisiensi teknis LPG pada mesin bensin standar tidak selalu lebih baik, keunggulan LPG dari aspek ekonomi dapat menjadi faktor penentu dalam aplikasi praktis. Baruno et al. (2014) dan Lumi et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan LPG pada mesin berdaya kecil hingga menengah memberikan penghematan biaya operasional yang signifikan dibandingkan bahan bakar minyak, terutama pada aplikasi yang membutuhkan waktu operasi panjang seperti perikanan dan irigasi. Meskipun kajian mengenai penggunaan LPG pada kendaraan bermotor telah banyak dilakukan, penelitian eksperimental yang secara khusus mengkaji pengaruh LPG terhadap performansi hidraulik, efisiensi energi, dan biaya operasional pada mesin bensin penggerak pompa air pertanian masih terbatas. Padahal, performansi pompa air tidak hanya ditentukan oleh karakteristik mesin, tetapi juga oleh sistem hidraulik yang melibatkan debit aliran, head pompa, serta efisiensi pompa itu sendiri (Çengel dan Cimbala 2018; Karassik et al. 2008; Food and Agriculture Organization 1986).

Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada analisis komparatif penggunaan LPG dan pertalite pada mesin bensin 6,5 HP yang digunakan sebagai penggerak pompa air sentrifugal portable. Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) membandingkan performansi mesin dan pompa air yang meliputi putaran mesin, debit air, daya hidraulik, dan daya poros; (2) menganalisis konsumsi bahan bakar spesifik, efisiensi termal, dan efisiensi sistem mesin pompa; serta (3) mengevaluasi aspek ekonomi penggunaan LPG dibandingkan pertalite berdasarkan biaya energi dan biaya operasional. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pertimbangan teknis dan ekonomis dalam pemilihan bahan bakar alternatif yang lebih efisien dan berkelanjutan untuk aplikasi pompa air pertanian.

2. Metode

2.1. Alat dan Bahan

- a. Mesin Bensin penggerak pompa air dan Konverter Kit LPG

Berikut dibawah ini spesifikasi mesin yang digunakan dalam pengujian bahan bakar alternatif menggunakan gas pada mesin bensin penggerak pompa air, dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1. Konverter Kit LPG (Gambar 2) berfungsi mengkonversi mesin bensin menjadi dual-fuel sehingga bisa menggunakan LPG selain bensin. Konverter ini siap pakai untuk merubah bahan bakar mesin penggerak bensin, mesin generator atau mesin alkon pompa irigasi sawah.



Gambar 1. Mesin Bensin



Gambar 2. Konverter Kit LPG

Tabel 1. Spesifikasi Mesin

Parameter	Spesifikasi
Mesin	Silinder Tunggal, 4 Tak Berpendingin Udara
Dimensi	3,15 x 365 x 335
Isi Silinder	168 cc
Perbandingan Kompresi	7,56 : 1
Daya Keluaran Maksimum	6.5HP/3600 rpm
Torsi Maksimum	1.35 Nm/2500rpm
Sistem Pengapian	Capasitor Discharge Ignition (CDI)
Sistem Penyalaan	Recoil Starter/Tarik Kapasitas
Bahan Bakar	3.6 Liter
Kapasitas Oli	0.6 Liter
Berat Bersih	16 kg

Sebagai beban pada mesin bensin digunakan sebuah pompa air sentrifugal portable. Pompa air ini memiliki diameter pipa masuk dan keluar sebesar 3 inci ($\pm 0,076$ m). Sistem pemompaan dirancang dengan head hisap (H_s) setinggi 3 m dan head tekan (H_d) sebesar 12 m, sehingga pompa bekerja pada kondisi head statis yang merepresentasikan aplikasi irigasi pertanian. Panjang total pipa yang digunakan relatif pendek, sehingga kerugian tekanan akibat gesekan aliran dapat diminimalkan. Pompa air tersebut memiliki debit terukur sebesar $45 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan efisiensi pompa maksimum mencapai 0,65, sesuai dengan karakteristik pompa sentrifugal untuk aplikasi irigasi skala kecil hingga menengah.

b. Gas LPG dan Regulator Gas LPG

Gas LPG yang digunakan adalah LPG kemasan 3 kg produksi PT Pertamina (Gambar 3).



Gambar 3. Gas LPG 3 kg



Gambar 4. Regulator Gas LPG

Nilai kalor bawah (Lower Heating Value/ LHV) LPG (propane-butane) adalah 45–47 MJ/kg (Heywood, 1988; Çengel & Boles, 2015; Mawardi et al., 2022). Regulator (Gambar 4) digunakan

untuk menurunkan dan menstabilkan tekanan gas yang sangat tinggi dari dalam tabung menjadi tekanan rendah yang aman dan konsisten untuk digunakan ke mesin, mencegah ledakan atau kebocoran, serta memastikan aliran gas yang efisien dan hemat untuk peralatan.

c. Bahan Bakar Minyak (BBM)

BBM yang digunakan sebagai pembanding untuk menjalankan mesin yang akan di uji merupakan salah satu bahan bakar Perta Series milik PT Pertamina dengan angka oktan 90. Nilai kalor bawah (LHV) bahan bakar bensin berada pada kisaran 43–44 MJ/kg (Heywood, 1988; Çengel & Boles, 2015). Dalam penelitian ini, densitas bensin digunakan sebesar 0,7425 kg/l, didasarkan pada nilai rata-rata literatur yang melaporkan rentang densitas bensin antara 715-770 (kg/m³) atau 0,715–0,770 (kg/l) pada kondisi suhu 15°C (PT Pertamina, 2025).

Sedangkan beberapa alat-alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini seperti diperlihatkan Tabel 2 dan Gambar 5 s.d 8.

Tabel 2. Alat-alat ukur yang digunakan dalam penelitian

No.	Nama Alat	Fungsi
1	Stopwatch (kronometer)	Untuk mengukur durasi atau lamanya waktu pengujian. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi kronometer pada perangkat telepon seluler.
2	Tachometer	untuk memberikan pembacaan yang akurat mengenai kecepatan rotasi poros mesin dalam satuan rotasi per menit (rpm).
3	Bejana/Gelas Ukur	Untuk mengukur bahan bakar yang dibutuhkan untuk mengoperasikan mesin saat penelitian.
4	Termometer Infrared	Untuk memantau suhu mesin, suhu ruang dan suhu udara hisap guna membandingkan suhu operasi antara penggunaan BBM dan LPG untuk menilai efisiensi pembakaran.
5	Timbangan	Untuk menimbang jumlah bahan bakar sebelum dan sesudah mesin dioperasikan dalam waktu tertentu



Gambar 5.
Tachometer



Gambar 6. Gelas Ukur BBM



Gambar 7.
Termometer Infrared



Gambar 8.
Timbangan

Durasi pengujian ditetapkan selama 35 menit dan dibagi menjadi interval pengamatan setiap 5 menit. Selama setiap interval tersebut, dilakukan pencatatan terhadap putaran mesin (RPM), debit air yang dihasilkan oleh pompa, serta konsumsi bahan bakar. Nilai RPM diperoleh melalui alat tachometer digital, sedangkan debit air diukur berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi volume air tertentu, yaitu 20 liter dalam setiap siklus. Untuk konsumsi bahan bakar, dilakukan penimbangan bahan bakar sebelum dan sesudah pengujian. Perhitungan konsumsi BGG dilakukan berdasarkan selisih berat tabung LPG, sedangkan untuk BBM dihitung dari selisih berat gelas ukur berisi Peralite.

2.2. Analisis Mesin Bensin Penggerak Pompa

Dalam konteks mesin pompa air, debit merupakan output nyata dari sistem yang menjadi ukuran utama performa mesin. Semakin besar debit air, maka semakin besar pula kerja mekanis

yang dihasilkan mesin. Untuk mendapatkan nilai debit air yang keluar dari pompa (Q) digunakan persamaan (1) (Soewarno, 1912).

$$Q = \frac{V}{t} \tag{1}$$

dimana v dan t adalah volume air dan waktu yang dibutuhkan.

Daya hidrolik (P_h) merupakan daya yang secara teoritis diberikan air oleh pompa, dihitung berdasarkan energi potensial dan laju aliran (Cengel & Cimbala, 2014). Berikut dibawah ini daya hidrolik out pompa yang diberikan air oleh pompa dapat dihitung dengan rumus (2).

$$P_h = \rho_{air} \times g \times Q \times H_{total} \tag{2}$$

dimana ρ_{air} , g dan H_{total} berturut-turut adalah densitas air ($\approx 1000 \text{ kg/m}^3$), percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$) dan head total pompa (m).

Head total pompa adalah energi per satuan berat fluida yang harus diberikan pompa untuk memindahkan air dari sumber ke titik keluaran. Untuk menghitung head total pompa pada mesin alkon digunakan persamaan (3). Head Statis adalah penjumlahan head hisap (H_s) dengan head tekan (H_d). H_s dihitung dari ketinggian vertikal permukaan air sumber ke sumbu pompa. H_d dihitung dari ketinggian vertikal sumbu pompa ke titik keluaran air. Head statis dihitung dengan persamaan (4).

$$H_{total} = H_{statis} + H_{loss} \tag{3}$$

$$H_{statis} = H_s + H_d \tag{4}$$

dimana pompa berada 1,5 m di atas permukaan air dan air dipompa ke sawah setinggi 1,4 m.

Kerugian Head (Head Losses) untuk sistem pompa lapangan (FAO, Pump Handbook), kerugian gesek dan minor dapat diperkirakan dengan persamaan (5). Kerugian gesek dan minor pada sistem pompa sederhana dengan data pipa terbatas dapat diperkirakan sebesar 10–20% dari head statis sebagai pendekatan awal (Karassik et al., 2008; FAO, 1986).

$$H_{loss} = 15\% \times H_{statis} \tag{5}$$

Daya mekanik poros pompa dihitung dengan persamaan (6). Pompa yang digunakan merupakan pompa sentrifugal portable tipe alkon. Berdasarkan karakteristik pompa sejenis untuk aplikasi irigasi, efisiensi pompa (η_p) berada pada kisaran 45-65%. Pada penelitian ini efisiensi pompa diasumsikan sebesar 55% sesuai kondisi operasi mendekati titik kerja optimal.

$$P_p = \frac{P_h}{\eta_p} \tag{6}$$

Daya efektif mesin (P_e) karena direct drive maka berlaku persamaan (7)

$$P_e = P_p \tag{7}$$

$$P_e = T\omega \tag{8}$$

dengan T adalah torsi poros (N·m) dan ω adalah kecepatan sudut (rad/s)

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \tag{9}$$

dimana n adalah putaran mesin satuan rpm (revolution per minute). 2π merupakan satu putaran penuh (2π radian) dan 60 adalah konversi dari menit ke detik.

Pengukuran laju konsumsi bahan bakar berbasis massa (\dot{m}), bukan volume dan dihitung dengan persamaan (10) dan (11).

$$\dot{m}_f = \frac{\Delta m}{\Delta t} \text{ (pertalite)} \tag{10}$$

$$\dot{m}_{LPG} = \frac{\Delta m_{tabung}}{\Delta t} \text{ (LPG)} \tag{11}$$

Brake specific fuel consumption (BSFC) dapat dihitung dengan persamaan (12).

$$BSFC = \frac{\dot{m}_f}{P_e} = \frac{m_{LPG}}{P_e} \tag{12}$$

Efisiensi termal rem (*brake thermal efficiency*) dapat dihitung dengan persamaan (13).

$$\eta_{th} = \frac{P_e}{\dot{m}_f \times LHV} \tag{13}$$

Efisiensi sistem keseluruhan (sistem mesin penggerak dan pompa air) dapat dihitung dengan persamaan (14).

$$\eta_{sistem} = \frac{P_h}{\dot{m}_f \times LHV} \tag{14}$$

Biaya energi bahan bakar (Rp per MJ) dapat dihitung dengan persamaan (15).

$$C_{MJ,p} = \frac{C_p}{\rho_{Pertalite} \times LHV_{Pertalite}} \tag{15}$$

$$C_{MJ,LPG} = \frac{C_{LPG}}{LHV_{LPG}} \tag{16}$$

dimana C_p dan C_{LPG} adalah harga bahan bakar pertalite dan LPG. Harga tetap Pertalite (BBM Subsidi) pada Juli 2025 adalah Rp 10.000 (Astra Interntional-Daihatsu, 2025). Sedangkan LPG isi 3 kg (BBM subsidi) di Sumatera Utara pada Juli 2025 berkisar Rp 20.000 per tabung (Mochammad Ryan Hidayatullah - Bisnis.com, 2025).

Biaya operasi per Jam dihitung dengan persamaan (17).

$$C_{op} = \dot{m}_f \times C_{bb} \tag{17}$$

dimana untuk pertalite jika basis volume maka perlu dirubah ke basis massa dengan persamaan (18).

$$\dot{m}_f = \dot{V} \times \rho \tag{18}$$

Biaya energi per daya (Rp/kWh) dihitung dengan persamaan (19).

$$C_{kWh} = \frac{C_{op}}{P_e} \tag{19}$$

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian untuk menganalisis pengaruh penggunaan LPG sebagai bahan bakar alternatif dibandingkan dengan bahan bakar pertalite terhadap performansi dan efisiensi mesin bensin penggerak pompa sentrifugal portable tipe alkon telah dilakukan (Gambar 9 dan 10). Hasil penelitian dengan tiga kondisi putaran mesin (maksimum, minimum dan rata-rata) untuk bahan bakar LPG dan Pertalite ditunjukkan pada Gambar 11 s.d 14.

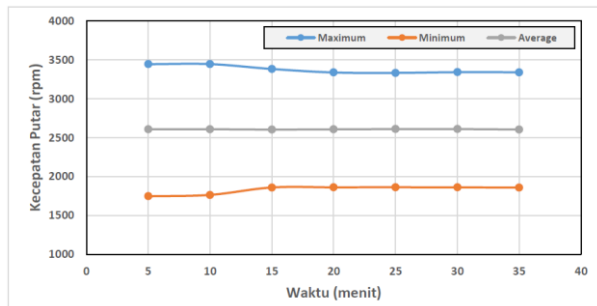


Gambar 9. Proses pemasangan konverter kit pada mesin

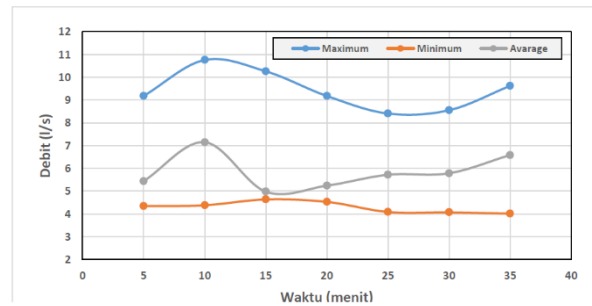


Gambar 10. Pengukuran kecepatan putar pada mesin saat dilakukan pengujian

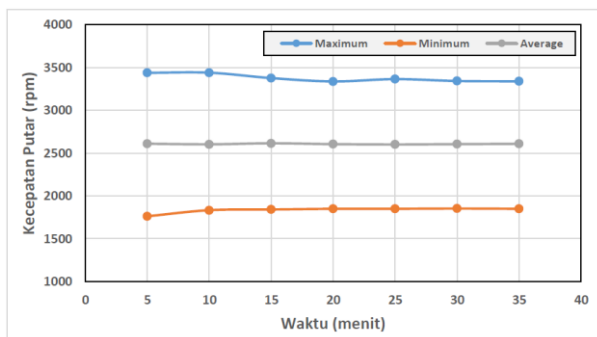
Laju konsumsi bahan bakar LPG untuk kondisi mesin maksimum, minimum, dan rata-rata berturut-turut adalah 0,000286 kg/s, 0,000095 kg/s dan 0,000214 kg/s. Berdasarkan Gambar 11 didapatkan nilai rata-rata kecepatan putar ketiga kondisi berturut-turut adalah 3372 rpm, 1829 rpm dan 2605 rpm. Kecepatan putar ini masih dibawah spesifikasi mesin yang yaitu 3600 rpm. Sedangkan pada Gambar 12 menunjukkan nilai rata-rata debit air dari ketiga kondisi berturut-turut adalah 9,42 l/s, 4,29 l/s dan 5,84 l/s. Nilai ini juga masih dibawah kapasitas pompa yaitu 45 m³/jam (11,9444 l/s). Kedua nilai ini (kecepatan putar dan debit) menunjukkan nilainya masih dibawah spesifikasi mesin.



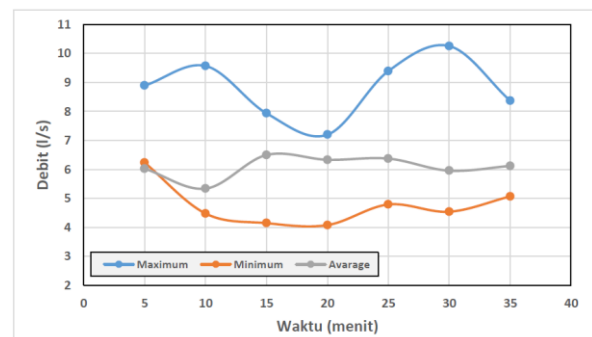
Gambar 11. Data kecepatan putar mesin dengan bahan bakar LPG



Gambar 12. Data debit air yang dihasilkan pompa air dengan bahan bakar LPG



Gambar 13. Kecepatan putar mesin dengan bahan bakar pertalite



Gambar 14. Data debit air yang dihasilkan pompa air dengan bahan bakar pertalite

Gambar 14 memperlihatkan debit air maksimum, minimum, dan rata-rata berturut-turut adalah 8,80 l/s, 4,76 l/s dan 6,09 l/s. Laju konsumsi bahan bakar LPG untuk kondisi mesin maksimum, minimum, dan rata-rata berturut-turut adalah 0,000354 l/s (0,000262 kg/s), 0,000187 l/s (0,000138 kg/s) dan 0,000245 l/s (0,000181 kg/s) dengan bahan bakar pertalite. Angka 0,000354 l/s (1,3 Liter/Jam) adalah angka yang sangat logis dan akurat untuk operasional mesin sesuai spesifikasi mesin dengan kapasitas 168 cc (umumnya tipe GX200 atau serupa) yang menghasilkan daya 6,5 HP pada beban tinggi (sekitar 75% - 85% dari kapasitas maksimumnya).

Selanjutnya dengan bantuan simulasi Microsoft Excel, diperoleh hasil analisis performansi dan ekonomi seperti ditampilkan pada Tabel 3 s.d 6. Tabel 3 memperlihatkan hasil pengujian menunjukkan bahwa putaran mesin untuk penggunaan LPG dan pertalite berada pada kisaran yang hampir sama pada seluruh kondisi operasi, yaitu sekitar 1.800–3.400 rpm. Hal ini mengindikasikan bahwa jenis bahan bakar tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap putaran mesin karena sistem governor bekerja menjaga kestabilan putaran. Debit aliran air yang dihasilkan pompa cenderung sebanding dengan putaran mesin, di mana debit maksimum tercapai pada kondisi putaran tertinggi. Perbedaan debit antara LPG dan pertalite relatif kecil, sehingga kinerja hidraulik pompa dapat dikatakan tidak terpengaruh secara signifikan oleh jenis bahan bakar.

Tabel 3. Hasil analisis performansi mesin

Kondisi Putaran Mesin	<i>n, rpm</i>		<i>Q, m³/s</i>		<i>Ph, W</i>		<i>Pp = Pe, W</i>		<i>T, N.m</i>	
	LPG	Pertalite	LPG	Pertalite	LPG	Pertalite	LPG	Pertalite	LPG	Pertalite
Max.	3372	3377	0,00942	0,00880	308,1	287,9	560,2	523,5	1,59	1,48
Min.	1829	1834	0,00429	0,00476	140,3	155,6	255,1	283,0	1,33	1,48
Average	2605	2607	0,00584	0,00609	191,0	199,2	347,2	362,2	1,27	1,33

Daya hidraulik meningkat seiring dengan kenaikan debit aliran dan head pompa. Pada kondisi maksimum, daya hidraulik berada pada kisaran 288–308 W. Daya poros mesin pada penggunaan pertalite secara umum lebih tinggi dibandingkan LPG, khususnya pada kondisi beban rendah dan rata-rata. Hal ini menunjukkan bahwa mesin bensin standar mampu menghasilkan daya poros yang sedikit lebih besar ketika menggunakan pertalite, yang berkaitan dengan karakteristik pembakaran bahan bakar cair pada mesin yang tidak dimodifikasi.

Nilai kecepatan sudut untuk kedua bahan bakar relatif sama karena ditentukan langsung oleh putaran mesin. Torsi mesin berada pada kisaran 1,27–1,59 N·m. Pada beberapa kondisi, torsi LPG sedikit lebih tinggi dibandingkan pertalite, namun perbedaannya tidak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan LPG tidak menyebabkan penurunan torsi yang drastis, meskipun daya poros yang dihasilkan cenderung lebih rendah.

Tabel 4 memperlihatkan hasil perhitungan BSFC yang menunjukkan bahwa nilai BSFC LPG berada pada kisaran 1,35–2,25 kg/kWh, sedangkan pertalite berada pada kisaran 1,79–1,82 kg/kWh. Secara umum, pertalite memiliki nilai BSFC yang lebih rendah dibandingkan LPG, yang menandakan efisiensi penggunaan bahan bakar yang lebih baik pada mesin standar. Nilai BSFC yang relatif tinggi secara absolut dipengaruhi oleh efisiensi total sistem yang rendah, mengingat mesin digunakan sebagai penggerak pompa air dan tidak beroperasi pada kondisi desain optimal.

Tabel 4. Hasil analisis konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC)

Kondisi Putaran Mesin	<i>m_f, kg/s</i>		<i>Pp = Pe, W</i>		<i>BSFC, kg/J</i>		<i>BSFC, kg/kWh</i>	
	LPG	Pertalite	LPG	Pertalite	LPG	Pertalite	LPG	Pertalite
Max.	0,000286	0,000262	560,2	523,5	0,000000514	0,000000507	1,85	1,82
Min.	0,000095	0,000138	255,1	283,0	0,000000374	0,000000497	1,35	1,79
Average	0,000214	0,000181	347,2	362,2	0,000000626	0,000000501	2,25	1,81

Tabel 5 memperlihatkan efisiensi termal mesin pada penggunaan pertalite secara konsisten lebih tinggi dibandingkan LPG, dengan nilai rata-rata masing-masing sebesar 4,5% dan 3,5%. Efisiensi sistem, yang mencerminkan rasio antara daya hidraulik terhadap daya kimia bahan bakar, juga menunjukkan tren serupa, di mana pertalite memiliki efisiensi lebih baik dibandingkan LPG. Nilai efisiensi sistem yang relatif rendah merupakan karakteristik umum pada mesin bensin kecil penggerak pompa air, akibat tingginya rugi mekanik dan hidraulik.

Tabel 5. Hasil analisis termal dan efisiensi sistem

Kondisi Putaran Mesin	<i>η_{th}</i>		<i>η_{sistem}</i>	
	LPG	Pertalite	LPG	Pertalite
Max.	4,3%	4,5%	2,3%	2,5%
Min.	5,8%	4,7%	3,2%	2,6%
Average	3,5%	4,5%	1,9%	2,5%

Dari sisi ekonomi (Tabel 6), LPG menunjukkan keunggulan yang signifikan. Biaya energi per satuan energi (Rp/MJ) LPG lebih rendah dibandingkan pertalite pada seluruh kondisi pengujian. Biaya operasional per jam (Rp/h) dan biaya energi listrik ekuivalen (Rp/kWh) juga jauh

lebih rendah pada penggunaan LPG. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun pertalite memiliki efisiensi termal dan BSFC yang lebih baik, penggunaan LPG lebih menguntungkan secara ekonomis dalam jangka panjang.

Tabel 6. Analisis Ekonomis (C_{MJ} , C_{OP} , C_{kWh})

Kondisi Putaran Mesin	$C_{MJ,LPG}$ Rp/MJ		C_{OP} Rp/h		$C_{kWh,LPG}$ Rp/kWh	
	LPG	Pertalite	LPG	Pertalite	LPG	Pertalite
Max.	144,9	168,2	6857	12741	12326	24648
Min.	144,9	168,2	2286	6718	8983	24169
Average	144,9	168,2	5143	8803	15019	24397

4. Kesimpulan

Secara keseluruhan, penggunaan pertalite pada mesin bensin standar memberikan performansi dan efisiensi yang sedikit lebih baik dibandingkan LPG. Namun demikian, LPG menawarkan keuntungan signifikan dari sisi biaya operasional. Oleh karena itu, LPG layak dipertimbangkan sebagai bahan bakar alternatif yang ekonomis dan ramah lingkungan, terutama untuk aplikasi pompa air yang beroperasi dalam durasi waktu panjang.

Daftar Pustaka

- Arjiyanto, dan Usman. 2015. "Penggunaan Gas sebagai Bahan Bakar pada Sepeda Motor Bermesin Injeksi." *Proceedings of Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XIV (SNTTM XIV)*, Banjarmasin.
- Asnawi, dan A. Setiawan. 2017. "Pengaruh Penggunaan Elpiji sebagai Bahan Bakar terhadap Unjuk Kerja Motor Bakar Bensin." *Jurnal Teknologi Kimia Unimal* 6(2):43–51.
- Astra International–Daihatsu. 2025. "Harga BBM Pertamina Naik per 1 Juli 2025: Cek Harga BBM Pertamina di Jakarta dan Sekitarnya." Diakses 15 Juli 2025. <https://www.astra-daihatsu.id/berita-dan-tips/harga-bbm-pertamina-naik-cek-harga-bbm-pertamina-jakarta>.
- Baruno, B., B. H. Iskandar, M. Imron, dan W. Mawardi. 2014. "Kinerja LPG pada Motor Bakar 6,5 HP sebagai Bahan Bakar Alternatif Perahu Penangkapan Ikan." *Marine Fisheries* 5(1):13-25. <https://doi.org/10.29244/jmf.5.1.13-25>.
- Basyirun, Winarno, dan Karnowo. 2008. *Mesin Konversi Energi*. Semarang: Pusat Penjamin Mutu Universitas Negeri Semarang.
- Borman, G. L., dan K. W. Ragland. 1998. *Combustion Engineering*. New York: McGraw-Hill.
- Çengel, Yunus A., dan John M. Cimbala. 2018. *Fluid Mechanics: Fundamentals and Applications*. 4th ed. New York: McGraw-Hill.
- Food and Agriculture Organization. 1986. *Irrigation Water Pumps*. Rome: FAO.
- Ganesan, V. 2004. *Internal Combustion Engines*. 2nd ed. New Delhi: McGraw-Hill Education.
- Hashem, G. T., M. F. Al-Dawody, dan I. E. Sarris. 2023. "The Characteristics of Gasoline Engines with the Use of LPG: An Experimental and Numerical Study." *International Journal of Thermofluids*: 18: 100316. <https://doi.org/10.1016/j.ijft.2023.100316>.
- Heywood, John B. 1988. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. New York: McGraw-Hill.
- Kambrany, M. A., F. A., dan F. N. 2014. "Pengaruh Filter Udara terhadap Unjuk Kerja Mesin pada Motor Matic." *PROTON* 6(1): 42–47. <https://doi.org/10.31328/jp.v6i1.178>.
- Karassik, I. J., J. P. Messina, P. Cooper, dan C. C. Heald. 2008. *Pump Handbook*. 4th ed. New York: McGraw-Hill.
- Lumi, L. A., F. T. Pangalila, R. C. Pamikiran, K. W. A. Masengi, L. Manopo, dan H. F. Dien. 2023. "Studi Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Gas dan Bahan Bakar Minyak pada Mesin

- Katinting." *Jurnal Ilmu dan Teknologi Perikanan Tangkap* 8(1): 25-30. <https://doi.org/10.35800/jitpt.8.1.2023.44262>.
- Mahesh Babu Talupa, P. S. Rao, S. P. Kumar, dan C. Praven. 2017. "Alternative Fuels for Internal Combustion Engines: Overview of Current Research." *SSRG International Journal of Mechanical Engineering* 4(3):20-29. <https://doi.org/10.14445/23488360/IJME-V4I4P105>.
- Mawardi, Jufrizal, dan Muhammad Hidayah. 2022. "Uji Kinerja Burner LPG Mesin Stirling Dengan Variasi Kosumsi Bahan Bakar". *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 1 (1):35-40. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i1.2>.
- Mochammad Ryan Hidayatullah. 2025. "Daftar Harga LPG 3 Kg di Seluruh Indonesia per Juli 2025." *Bisnis.com*. Diakses 15 Juli 2025. <https://ekonomi.bisnis.com/read/20250703/44/1890053/daftar-harga-lpg-3-kg-di-seluruh-indonesia-per-juli-2025>.
- Mulyaningsih, N., dan A. Marjito. 2006. "Pengaruh Perubahan Pemajuan Waktu Penyalaan terhadap Motor Dual Fuel (Bensin–BBG)." *Fakultas Teknik, Jurusan Mesin, Universitas Tidar Magelang* 3(1):209–221.
- Munsong, B. R., D. F. Young, dan T. H. Okhisi. 2009. *Fundamentals of Fluid Mechanics*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Nuarsa, I. M., I. M. Mara, dan Riskon. 2012. "Pengaruh Posisi Penyemprotan Bahan Gas LPG pada Intake Manifold terhadap Konsumsi Bahan Bakar pada Mesin Bensin Empat Langkah Satu Silinder (Honda Supra X)." *Dinamika Teknik Mesin* 2(1):55–61.
- PT Pertamina (Persero). 2025. *Spesifikasi Produk BBM, BBN, dan LPG*. Diakses 15 Juli 2025. https://onesolution.pertamina.com/Product/Download?filename=20201201035120atc_s_pesifikasi.pdf.
- Pudjanarsa, A., dan D. Nursuhud. 2013. *Mesin Konversi Energi*. Surabaya: Andi Offset.
- Pulkrabek, W. W. 2015. *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Puppung, P. L. 1986. "Penggunaan LPG sebagai Bahan Bakar Motor Bakar." *Lembaran Publikasi Lemigas*: 30–39.
- Rohmat, Y. N. 2015. "Studi Eksperimen Konversi LPG pada Sepeda Motor Berbahan Bakar Bensin." *Jurnal Teknologi Terapan* 1(1): 13. <https://doi.org/10.31884/jtt.v1i1.29>.
- Septiani, Z. D., K. Rozi, dan B. F. Kiono. 2023. "Perbandingan Hasil Pengujian Performa Pompa dan Perhitungan Teoritis pada Karakteristik Pompa terhadap Kecepatan Putar Impeller." *Jurnal Teknik Mesin Universitas Diponegoro* 11(4):43-50.
- Soewarno. 1912. *Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*. Bandung: Nova.
- Tasic, T., P. Pogorevc, dan T. Brajlilh. 2011. "Gasoline and LPG Exhaust Emissions." *Advances in Production Engineering and Management* 6(2):87-94.
- White, Frank M. 2011. *Fluid Mechanics*. New York: McGraw-Hill.
- Wiryawan, P. N., W. G., dan R. D. K. 2014. "Penentuan Air Fuel Ratio (AFR) Aktual Pembakaran LPG pada Celah Sempit Tipe Horizontal." *Jurnal Teknik Mesin*: 45–51.
- Yeliana, A., dan N. P. Wibawa. 2004. *Bahan Bakar dan Teknik Pembakaran*. Denpasar: Program Studi Teknik Mesin, Universitas Udayana.
- Yu, J., T. Zhang, dan Z. Qiang. 2011. *Electrical Motor Product: International Energy-Efficiency Standards and Testing Methods*. Cambridge: Woodhead Publishing.