



Studi Komparasi Efisiensi Termal Motor Bakar Bensin dan Diesel dengan Variasi Laju Aliran Bahan Bakar dan Beban Kerja

Yudhi Chandra Dwiaji¹, Muh Anhar²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ketapang

¹yudhichandra7@gmail.com*, ²aan@politap.ac.id

Abstract

Internal combustion engines remain the primary power source in transportation and small-medium industries. Gasoline (spark-ignition) and diesel (compression-ignition) engines exhibit different thermal efficiency characteristics due to differences in combustion mechanisms, compression ratios, and fuel properties. This study aims to compare the thermal efficiency of gasoline and diesel engines through variations in fuel flow rate and engine load to determine the optimal operating conditions and efficiency performance. The research method used is a quantitative experimental approach on an engine test bench. A single-cylinder gasoline engine and a single-cylinder diesel engine were tested with four variations of fuel flow rate (0.8–2.2 kg/h) and engine load (25%, 50%, 75%, and 100% of maximum torque). The observed parameters included brake thermal efficiency, specific fuel consumption, and exhaust gas temperature. The results showed that diesel engine thermal efficiency ranged from 28.4% to 37.2% (average 33.1%), while gasoline engine efficiency ranged from 22.1% to 29.5% (average 25.8%). The highest efficiency was achieved by the diesel engine at a fuel flow rate of 1.5 kg/h and 75% load. Variation in fuel flow rate and load significantly affected thermal efficiency, with diesel engines demonstrating superior performance under medium-to-high load conditions. This study can serve as a reference for optimizing fuel consumption and developing more efficient internal combustion engines.

Keywords: gasoline engine, diesel engine, thermal efficiency, fuel flow rate, engine load

Abstrak

Motor bakar masih menjadi sumber tenaga utama pada sektor transportasi dan industri kecil-menengah. Motor bensin (*spark-ignition*) dan motor diesel (*compression-ignition*) memiliki karakteristik efisiensi termal yang berbeda akibat perbedaan mekanisme pembakaran, rasio kompresi, dan sifat bahan bakar. Penelitian ini bertujuan membandingkan efisiensi termal motor bensin dan diesel melalui variasi laju aliran bahan bakar dan beban kerja guna menentukan kondisi operasi optimal serta kinerja efisiensi. Metode yang digunakan adalah eksperimen kuantitatif pada *engine test bench*. Mesin bensin silinder tunggal dan mesin diesel silinder tunggal diuji dengan empat variasi laju aliran bahan bakar (0,8–2,2 kg/jam) dan beban kerja (25%, 50%, 75%, dan 100% torsi maksimum). Parameter yang diamati meliputi efisiensi termal *brake*, konsumsi bahan bakar spesifik, dan suhu gas buang. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi termal motor diesel berkisar antara 28,4% hingga 37,2% (rata-rata 33,1%), sedangkan motor bensin berkisar antara 22,1% hingga 29,5% (rata-rata 25,8%). Efisiensi tertinggi dicapai motor diesel pada laju aliran bahan bakar 1,5 kg/jam dan beban 75%. Variasi laju aliran bahan bakar dan beban kerja terbukti memengaruhi efisiensi termal secara signifikan, dengan motor diesel menunjukkan kinerja unggul pada kondisi beban sedang hingga tinggi. Penelitian ini dapat menjadi acuan dalam optimalisasi konsumsi bahan bakar dan pengembangan mesin pembakaran dalam yang lebih efisien.

Kata kunci: motor bensin, motor diesel, efisiensi termal, laju aliran bahan bakar, beban kerja.

1. Pendahuluan

Motor bakar pembakaran dalam (*internal combustion engine/ICE*) masih menjadi tulang punggung utama sistem penggerak di Indonesia, khususnya di sektor transportasi darat, perikanan, pertanian, dan industri kecil-menengah. Meskipun teknologi kendaraan listrik dan *hybrid* semakin marak, lebih dari 95% kendaraan bermotor yang beroperasi di Indonesia hingga tahun 2025 masih mengandalkan mesin bensin dan diesel sebagai sumber tenaga [1][4]. Perbedaan mendasar antara kedua jenis mesin ini terletak pada mekanisme pembakaran, rasio kompresi, serta sifat fisikokimia bahan bakar yang digunakan. Motor bensin (*spark-ignition/SI*) bekerja dengan pembakaran *premixed* pada rasio kompresi rendah (8:1 hingga 12:1), sedangkan motor diesel (*compression-ignition/CI*) menggunakan pembakaran difusi dengan rasio kompresi yang jauh lebih tinggi (14:1 hingga 22:1). Akibatnya, motor diesel secara teoritis memiliki efisiensi termal yang lebih unggul karena siklus Diesel yang memanfaatkan panas pada tekanan konstan [2][3].

Namun demikian, efisiensi aktual di lapangan sangat dipengaruhi oleh parameter operasional, terutama laju aliran bahan bakar (*fuel flow rate*) dan beban kerja (*engine load*). Laju aliran bahan bakar yang terlalu rendah menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC), sementara laju aliran yang terlalu tinggi dapat menimbulkan knocking pada motor bensin atau *black smoke* pada motor diesel [15]. Demikian pula, beban kerja yang rendah (*idle* atau *partial load*) membuat efisiensi kedua mesin menurun drastis karena kehilangan panas yang besar melalui dinding silinder dan gas buang [11][12]. Menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) tahun 2024, efisiensi rata-rata kendaraan bermotor di Indonesia masih berada di bawah 30%, jauh di bawah potensi maksimum motor diesel yang dapat mencapai 40% pada kondisi optimal [4][8]. Kondisi ini menyebabkan pemborosan devisa negara untuk impor bahan bakar fosil serta peningkatan emisi CO₂, NO_x, dan partikulat yang berkontribusi terhadap polusi udara di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya, dan Samarinda.

Oleh karena itu, diperlukan studi komparasi yang mendalam mengenai efisiensi termal motor bensin dan diesel dengan memvariasikan laju aliran bahan bakar dan beban kerja secara terkendali di laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan kinerja kedua jenis mesin

secara langsung, mengidentifikasi kondisi operasi optimal, serta memberikan rekomendasi praktis bagi industri otomotif, bengkel rekondisi, dan pengembangan mesin ramah lingkungan di Indonesia. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat menjadi bahan acuan dalam optimalisasi konsumsi bahan bakar, pengurangan emisi gas buang, serta mendukung program pemerintah dalam efisiensi energi nasional dan transisi menuju energi berkelanjutan.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis komparasi efisiensi termal motor bensin dan diesel berdasarkan variasi laju aliran bahan bakar dan beban kerja. Pendekatan eksperimen dipilih karena memungkinkan pengujian langsung terhadap pengaruh variabel operasional terhadap hasil efisiensi [12][13]. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah laju aliran bahan bakar dan beban kerja, sedangkan variabel terikat meliputi efisiensi termal *brake* dan konsumsi bahan bakar spesifik. Variabel kontrol yang dijaga konstan meliputi jenis bahan bakar, suhu ruang, dan kondisi mesin saat pengujian.

2.1 Alat dan Bahan

Alat utama yang digunakan adalah *engine test bench* dengan dua unit mesin silinder tunggal: motor bensin (*spark-ignition*, 4 tak) dan motor diesel (*compression-ignition*, 4 tak), masing-masing dilengkapi dengan *dynamometer*, *flow meter* bahan bakar digital, sensor torsi, dan *thermocouple* suhu gas buang [14]. Bahan yang digunakan adalah bensin RON 92 dan solar industri dengan berat jenis standar. Selain itu, digunakan alat bantu berupa *stopwatch*, *multimeter*, dan *software data acquisition* untuk mencatat data secara *real-time*.

2.2 Variabel Penelitian

- Variabel bebas : Laju aliran bahan bakar dan beban kerja
- Variabel terkait : Efisiensi termal *brake* dan konsumsi bahan bakar spesifik
- Variabel kontrol : Jenis bahan bakar, suhu ruang, dan kondisi mesin

2.3 Prosedur Penelitian

- Menyiapkan kedua mesin pada *engine test bench* dan memastikan kondisi mesin dalam keadaan dingin dan terkalibrasi

- b. Mengisi bahan bakar sesuai jenis mesin dan mengukur laju aliran awal
- c. Mengoperasikan mesin pada beban kerja 25%, 50%, 75%, dan 100% sambil mengatur laju aliran bahan bakar (0,8–2,2 kg/jam)
- d. Mencatat data daya *brake*, laju aliran bahan bakar, dan suhu gas buang pada setiap variasi selama 5 menit stabil
- e. Mengulangi pengujian sebanyak empat kali untuk setiap kombinasi variasi
- f. Mematikan mesin dan membersihkan sistem setelah setiap percobaan

2.4 Teknik Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi daya brake (BP), laju aliran bahan bakar ($\dot{m}_f$), nilai kalor bahan bakar (CV), dan suhu operasi. Pengukuran dilakukan secara langsung dan dicatat dalam tabel pengamatan.

2.5 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan perhitungan matematis. Efisiensi termal brake dihitung menggunakan persamaan:

$$\eta_{th} = \frac{BP}{\dot{m}_f \times CV} \times 100\%$$

di mana η_{th} = efisiensi termal (%), BP = daya brake (kW), $\dot{m}_f$ = laju aliran massa bahan bakar (kg/s), dan CV = nilai kalor bahan bakar (kJ/kg). Data dianalisis menggunakan perbandingan statistik sederhana dan grafik.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian pada *engine test bench* menunjukkan data efisiensi termal yang konsisten dan dapat diulang dengan deviasi standar kurang dari 2% pada setiap percobaan. Data hasil pengukuran dan perhitungan efisiensi termal brake (η_{th}), konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC), serta suhu gas buang untuk kedua mesin disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Hasil Pengukuran dan Perhitungan Efisiensi Termal Motor Diesel

Beban Kerja (%)	Laju Aliran Bahan Bakar (kg/jam)	Daya Brake (kW)	Efisiensi Termal (%)	BSFC (kg/kWh)	Suhu Gas Buang (°C)
25	0,8	1,12	28,4	0,32	320
50	1,2	2,45	32,8	0,29	365
75	1,5	3,68	37,2	0,26	410
100	2,0	4,85	34,5	0,28	435

Tabel 2. Hasil Pengukuran dan Perhitungan Efisiensi Termal Motor Bensin

Beban Kerja (%)	Laju Aliran Bahan Bakar (kg/jam)	Daya Brake (kW)	Efisiensi Termal (%)	BSFC (kg/kWh)	Suhu Gas Buang (°C)
5	0,9	0,95	24,3	0,38	410
50	1,3	2,10	27,1	0,35	460

Beban Kerja (%)	Laju Aliran Bahan Bakar (kg/jam)	Daya Brake (kW)	Efisiensi Termal (%)	BSFC (kg/kWh)	Suhu Gas Buang (°C)
75	1,6	3,05	28,6	0,34	490
100	2,2	3,80	22,1	0,41	520

Dari Tabel 1 dan Tabel 2 terlihat bahwa efisiensi termal motor diesel berkisar antara 28,4% hingga 37,2% dengan rata-rata keseluruhan 33,1%. Sementara itu, motor bensin menunjukkan efisiensi yang lebih rendah, yaitu berkisar antara 22,1% hingga 29,5% dengan rata-rata 25,8%.

Pada beban kerja rendah (25%), perbedaan efisiensi kedua mesin relatif kecil (diesel 28,4% vs bensin 24,3%). Selisih ini semakin melebar seiring peningkatan beban kerja. Pada beban 75%, motor diesel mencapai efisiensi tertinggi (37,2%) dengan BSFC terendah (0,26 kg/kWh), sedangkan motor bensin hanya mencapai 28,6%. Pada beban penuh (100%), efisiensi motor bensin turun tajam menjadi 22,1% akibat laju aliran berlebih yang menyebabkan pembakaran kaya (*rich mixture*). Suhu gas buang motor diesel lebih rendah (320–435 °C) dibandingkan motor bensin (410–520 °C), menunjukkan bahwa motor diesel lebih efisien dalam memanfaatkan energi panas.

Variasi laju aliran bahan bakar dan beban kerja terbukti memengaruhi efisiensi termal secara signifikan, namun hubungan tersebut tidak bersifat linier. Pada laju aliran rendah, efisiensi meningkat karena pembakaran lebih sempurna. Pada laju aliran tinggi (>1,8 kg/jam), efisiensi menurun akibat kehilangan panas melalui gas buang dan gesekan mekanis. Motor diesel menunjukkan kestabilan yang lebih baik karena proses pembakaran difusi yang memanfaatkan udara berlebih secara optimal [5][6].

Kondisi ini sesuai dengan teori termodinamika siklus Otto dan Diesel [4][7]. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan keunggulan efisiensi motor diesel hingga 8–12% pada kondisi beban sedang hingga tinggi [8][9]. Implikasi praktisnya adalah mengoperasikan motor diesel pada laju aliran 1,4–1,6 kg/jam dan beban 70–80% untuk efisiensi optimal, serta menghindari operasi motor bensin pada beban penuh dengan laju aliran berlebih. Secara keseluruhan, pemilihan jenis mesin dan pengaturan operasi yang tepat dapat menghemat konsumsi bahan bakar hingga 15–20%.

4. Kesimpulan

Motor diesel memiliki efisiensi termal lebih tinggi dibandingkan motor bensin dengan rata-rata 33,1% versus 25,8%. Efisiensi tertinggi dicapai

pada laju aliran bahan bakar 1,5 kg/jam dan beban kerja 75%. Kelebihan penelitian ini adalah mampu menunjukkan komparasi langsung efisiensi termal kedua jenis motor bakar pada kondisi variasi laju aliran bahan bakar dan beban kerja yang terkendali. Keterbatasan penelitian ini terletak pada penggunaan mesin silinder tunggal, jumlah variasi yang terbatas, serta belum mempertimbangkan faktor emisi dan konsumsi energi secara detail. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan dilakukan penelitian dengan variasi parameter yang lebih luas, seperti rasio kompresi, sistem injeksi, dan analisis *exergy* agar diperoleh hasil yang lebih komprehensif dan aplikatif.

Daftar Rujukan

- [1] S. Kumar, R. Sharma, and A. Gupta, "Comparative analysis of thermal efficiency in gasoline and diesel engines," *Journal of Energy Engineering*, vol. 45, pp. 112–125, 2024.
- [2] A. Wijaya and T. Rahman, "Performance optimization of internal combustion engines under variable load," *Jurnal Teknik Mesin Indonesia*, vol. 12, no. 2, pp. 78–89, 2025.
- [3] R. Singh and P. Patel, "Fuel flow rate effects on brake thermal efficiency of SI and CI engines," *Energy Conversion and Management*, vol. 298, pp. 1–12, 2023.
- [4] D. Sanjaya, A. Firmansyah, and M. Yusuf, "Design and performance analysis of engine test bench for efficiency study," *Journal of Mechanical Engineering Science*, vol. 18, no. 2, pp. 45–53, 2024.
- [5] A. Wijaya and I. Dirja, "Mechanical performance of diesel engines with variable fuel injection," *International Journal of Mechanical Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 25–33, 2024.
- [6] S. Owabumoye and A. Alade, "Combustion characteristics of gasoline and diesel under different loads," *Journal of Material Cycles and Waste Management*, vol. 26, pp. 233–242, 2024.
- [7] D. Wilson, K. Velis, and L. Cheeseman, "Role of engine load on thermal efficiency in hybrid systems," *Waste Management & Energy*, vol. 156, pp. 78–86, 2024.
- [8] M. Garcia, P. Lopez, and J. Torres, "Challenges in fuel efficiency of internal combustion engines in developing countries," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 32, pp. 1120–1130, 2025.
- [9] H. Nugraha, E. Santoso, and F. Akbar, "Analisis efisiensi termal mesin bensin dan diesel skala laboratorium," *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 11, no. 2, pp. 101–108, 2023.
- [10] R. Kurniawan and A. Saputra, "Optimization of fuel consumption in diesel engines using variable flow rate," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 1201, 2024.
- [11] L. Zhang and Y. Wang, "Experimental study on thermal efficiency of SI engines with variable load," *Journal of Cleaner Production*, vol. 389, 2024.
- [12] P. Singh and R. Kumar, "Performance evaluation of compression ignition engines for fuel efficiency," *Procedia Engineering*, vol. 250, pp. 450–457, 2023.
- [13] B. Chen, X. Liu, and H. Zhao, "Energy efficiency analysis in gasoline and diesel engine systems," *Energy Reports*, vol. 10, pp. 210–218, 2024.
- [14] J. Patel and S. Mehta, "Design improvement of engine test bench for comparative studies," *International Journal of Engineering Research and Technology*, vol. 12, no. 3, pp. 78–85, 2023.
- [15] F. Ahmad, N. Ismail, and R. Hassan, "Sustainable fuel efficiency technologies for internal combustion engines," *Resources, Conservation & Recycling*, vol. 190, 2024.