

Analisis Eksperimental Pengaruh Variasi Ketinggian Dome Piston terhadap Performa Mesin 4-Tak

Experimental Analysis of the Effect of Piston Dome Height Variation on the Performance of a 4-Stroke Engine

Esa Ramdhan Ardi Mahendra¹, I Made Mara^{1*}, Rudy Sutanto¹

¹Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Mataram 83115, Indonesia

*Corresponding author: made.mara@unram.ac.id

Diterima: 10-07-2025

Disetujui: 04-08-2025

Dipublikasikan: 16-08-2025

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



Abstrak

Mesin pembakaran dalam masih menjadi sumber tenaga utama transportasi dengan mengubah energi fosil menjadi energi mekanik. Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi tinggi dome piston (1 mm, 3 mm, dan 5 mm) terhadap performa mesin 4-tak 87,70 cc. Metode kuantitatif digunakan dengan uji *rope brake dynamometer* untuk mengukur torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar, dan SFCe pada 2000–5000 rpm. Torsi dan daya tertinggi terjadi pada 4000 rpm, konsumsi bahan bakar tertinggi pada 5000 rpm, dan SFCe tertinggi pada 2000 rpm untuk semua variasi. Semakin tinggi dome piston, volume ruang bakar mengecil sehingga rasio kompresi dan kekuatan pembakaran menurun. Desain piston perlu disesuaikan dengan prioritas antara efisiensi atau performa mesin.

Kata Kunci: Piston dome, Rasio kompresi, Torsi, Konsumsi bahan bakar.

Abstract

Internal combustion engines remain the primary power source in transportation by converting fossil fuel energy into mechanical energy. This study examines the effect of piston dome height variations (1 mm, 3 mm, and 5 mm) on the performance of a 4-stroke 87.70 cc engine. A quantitative method was used with a rope brake dynamometer to measure torque, adequate power, fuel consumption, and SFCe, effective at engine speeds ranging from 2000 to 5000 rpm. The highest torque and power were recorded at 4000 rpm, the highest fuel consumption at 5000 rpm, and the highest SFCe at 2000 rpm for all dome height variations. As piston dome height increases, combustion chamber volume decreases, leading to lower compression ratios and reduced combustion efficiency. Therefore, piston design should be aligned with the intended focus on either efficiency or performance.

Keywords: Piston dome, Compression ratio, Torque, Fuel consumption.

1. Pendahuluan

Mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine/ICE*) telah menjadi sistem transportasi global selama lebih dari satu setengah abad karena kemampuannya mengubah energi kimia dari bahan bakar fosil menjadi energi mekanik secara efisien (Allmägi, Ilves, dan Olt 2024). Perkembangan teknologi telah meningkatkan efisiensi dan ramah lingkungan ICE, namun ketergantungan terhadap bahan bakar fosil tetap menjadi tantangan utama karena sumber energi ini bersifat terbatas (Kusmanto dan Winoko 2019). Di Indonesia, belum terdapat komponen menjadi solusi untuk mempertahankan kelayakan operasional kendaraan

(Muchlisnalahuddin, Muharni, dan Usriadi 2022). Pada sektor sepeda motor, mesin bensin empat langkah banyak digunakan karena kemampuannya dalam menghasilkan performa optimal. Kinerja mesin sangat bergantung pada komponen-komponen utama seperti blok silinder, kepala silinder, piston, poros engkol, batang piston, dan mekanisme katup (Wjayanti dan Irwan 2014). Piston memegang peranan penting dalam proses konversi energi pembakaran menjadi gerak mekanik, sehingga modifikasi terhadap piston menjadi salah satu strategi untuk meningkatkan performa mesin. Salah satu metode modifikasi yang umum dilakukan adalah dengan mengubah geometri piston, seperti diameter atau ketinggian dome, yang berpengaruh terhadap volume ruang bakar dan rasio kompresi (Dharma dan Wahyudi 2017; Alvin Nurfaiz dkk. 2023). Perubahan rasio kompresi diketahui berdampak signifikan terhadap daya, torsi, dan efisiensi bahan bakar (Agustus dan Akbar 2024; Purnomo dan Munahar 2019). Meski demikian, tidak semua bentuk modifikasi menghasilkan peningkatan performa karena gaya pembakaran yang ditransmisikan juga bergantung pada tekanan yang tercipta di ruang bakar (Majedi dan Puspitasari 2017).

Berbagai studi telah membahas pengaruh piston dome terhadap performa mesin, namun sebagian besar masih terbatas pada penggunaan bahan bakar alternatif atau variasi desain yang tidak sistematis (Dinyar, Fadelan, dan Winangun 2022). Hingga saat ini, kajian mendalam mengenai efek variasi ketinggian dome piston terhadap performa mesin bensin 4-tak berkapasitas kecil masih terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan melakukan analisis eksperimental terhadap pengaruh variasi ketinggian dome piston (1 mm, 3 mm, dan 5 mm) pada mesin 4-tak 87,70 cc. Fokus utama penelitian ini adalah mengevaluasi hubungan antara bentuk geometri piston dengan parameter performa mesin seperti torsi, daya efektif, konsumsi bahan bakar, dan nilai *specific fuel consumption effective* (SFCe). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dan menjadi acuan praktis dalam desain piston untuk aplikasi efisiensi maupun performa tinggi.

2. Metode

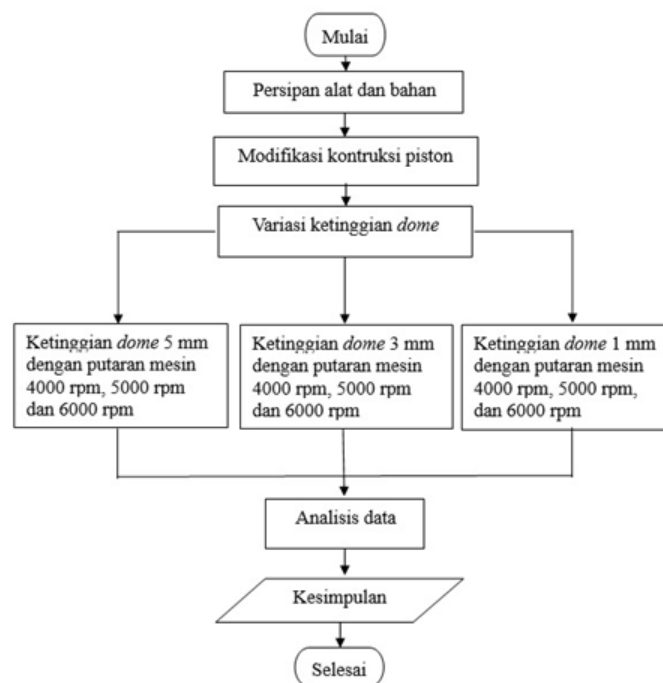
Penelitian ini dilakukan di lab mobil listrik Universitas Mataram dimulai pada tanggal 12 juni 2025, penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain eksperimental, untuk menganalisis pengaruh ketinggian dome piston pada torsi, daya, fuel consumption dan SFCe dengan menggunakan metode *rope brake dynamometer*. Penelitian ini melibatkan dua variabel utama. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah parameter kinerja mesin, meliputi torsi, daya efektif, *fuel consumption* dan SFCe (A.Z. Arifin, Y.A. Padang dan I.M mara 2021). Sedangkan variabel bebas terdiri dari variasi kepala piston setinggi 5 mm, 3 mm, dan 1 mm, serta putaran mesin pada 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, dan 5000 rpm.

2.1. Cara pengambilan data

Pengujian menggunakan metode *rope brake dynamometer*, dengan cara pengujian yang dilakukan menggunakan neraca pegas digital yang memiliki ketelitian 0,05 kg, neraca pegas tersebut dipasang secara permanen pada rangka mesin, sedangkan ujung lainnya terhubung dengan neraca pegas digital yang dilengkapi dengan tuas pengatur beban dengan beban yang digunakan 10 kg. Puli yang digunakan memiliki jari-jari 0,025 meter dan dipasang pada poros keluaran mesin yang akan diukur menggunakan tachometer gun. Tali yang digunakan adalah tali baja dengan diameter 6 mm. Untuk memperoleh data konsumsi bahan bakar, digunakan buret kaca dengan kapasitas total 60 ml dengan tingkat ketelitian sebesar 0,1 ml. Pengukuran waktu pemakaian bahan bakar dilakukan menggunakan stopwatch digital dengan waktu selama 180 detik dengan tingkat ketelitian 0,01 detik, dengan mempertahankan kecepatan putaran mesin di angka 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, dan 5000 rpm.

Sebelum dilakukan pengujian, semua peralatan dikalibrasi terlebih dahulu. Neraca pegas digital dikalibrasi menggunakan beban standar untuk memastikan keakuratannya. Diameter Puli dan panjang lengan momen diukur ulang menggunakan alat ukur presisi. Stopwatch dibandingkan dengan jam laboratorium sebagai referensi waktu standar, dan buret diverifikasi menggunakan pipet ukur bersertifikasi untuk menjamin ketelitian volume bahan bakar yang tercatat. Setiap kombinasi ketinggian dome piston dan putaran mesin diuji sebanyak tiga kali (tiga replikasi) guna menjamin validitas dan reliabilitas data.

2.2. Diagram alir pengujian



Gambar 1. Diagram alir pengujian

2.3. Torsi

Torsi merupakan hasil perkalian antara gaya yang diberikan pada suatu benda dengan jarak tegak lurus dari sumbu putar ke titik tempat gaya bekerja (Srirussamee dkk. 2021). Dalam bentuk matematis, torsi dapat dinyatakan sebagai:

$$T = (W_t - W_s) \times R \times g \times r \text{ (Nm)} \quad (1)$$

Dimana :

- T : Torsi (Nm)
- W_t : Dead weight (kg)
- W_s : Spring balance (kg)
- R : Besar radius Puli dan rope (mm)
- g : Percepatan gravitasi (m/s^2)

2.4. Daya efektif

Daya efektif adalah daya yang dihasilkan oleh poros engkol untuk menggerakkan beban. Daya ini berasal dari daya indikasi, yaitu daya yang dihasilkan oleh torak. Besarnya daya efektif dapat dihitung dengan mengalikan torsi (T) dengan kecepatan sudut poros (ω) (Irawan, Andik, dan Adityo. 2015). Yang dirumuskan sebagai berikut:

$$N_e = \frac{T \cdot \omega}{716,2} \text{ (HP)} \quad (2)$$

Dimana :

N_e : Daya efektif (PS)

T : Torsi (kgm)

n : Putaran poros *output* (rpm)

2.5 Fuel consumption

Fuel consumption (konsumsi bahan bakar) adalah ukuran jumlah bahan bakar yang digunakan oleh mesin selama periode waktu tertentu (Mara dkk. 2018). Besarnya konsumsi bahan bakar ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut :

$$FC = \frac{v_f}{t} \times \rho \times \frac{3600}{1000000} (\text{kg/jam}) \quad (3)$$

Dimana :

FC : konsumsi bahan bakar (kg/jam)

V_f : Volume pemakaian bahan bakar (ml)

t : Waktu yang digunakan dalam mengkonsumsi bahan bakar (s)

ρ : Berat spesifik bahan bakar (kg/m³)

2.6. Specific fuel consumption effective

Konsumsi bahan bakar spesifik (SFCe) menggambarkan kecepatan atau jumlah bahan bakar yang digunakan oleh sebuah mesin pembakaran dalam per satuan waktu atau per unit daya yang dihasilkan (Irawan, Andik, dan Adityo. 2015). Besarnya SFCe dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$SFCe = \frac{F_c}{N_e} (\text{kg/jam.HP}) \quad (4)$$

Dimana :

SFCe : Konsumsi bahan bakar spesifik efektif (kg/jam.HP)

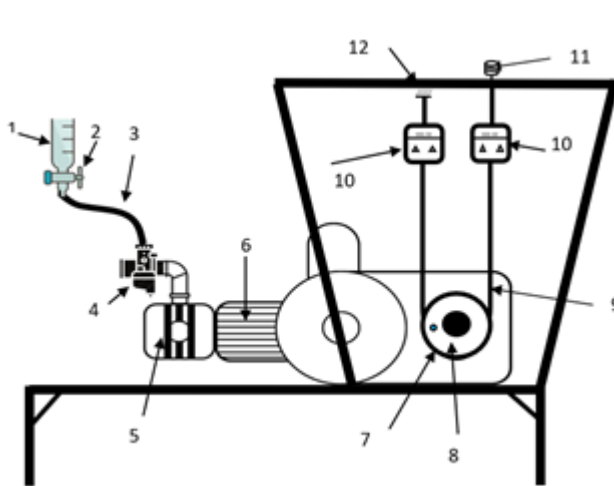
2.7. Alat dan bahan penelitian

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. *Rope brake dynamometer*.
2. Tachometer, tachometer gun, Jangka sorong, buret, stopwatch, tools set, sarung tangan, timbangan digital, dan tali kawat.
3. Gasket cylinder head, gasket blok silinder, lem reibon, bahan bakar pertalite, cylinder head, blok silinder, dan piston high dome.
4. Engine kendaraan motor 4-tak 87,70 cc

Tabel 1. Dimensi dan Spesifikasi alat

Parameter	Nilai
Bahan	Mesin 4-tak 87.70 cc
Diameter poros output	50 mm
Diameter rope	6 mm
Tangki bahan bakar	60 ml
Beban yang diberikan	10 kg
Diameter silinder	47.50 mm
Tinggi <i>dome</i> piston	5,3,dan 1 mm
Rasio kompresi (5mm)	10.7 : 1
Rasio kompresi (3 mm)	9.59 : 1
Raso kompresi (1 mm)	8.97 : 1



Keterangan bagian alat rope brake dynamometer:

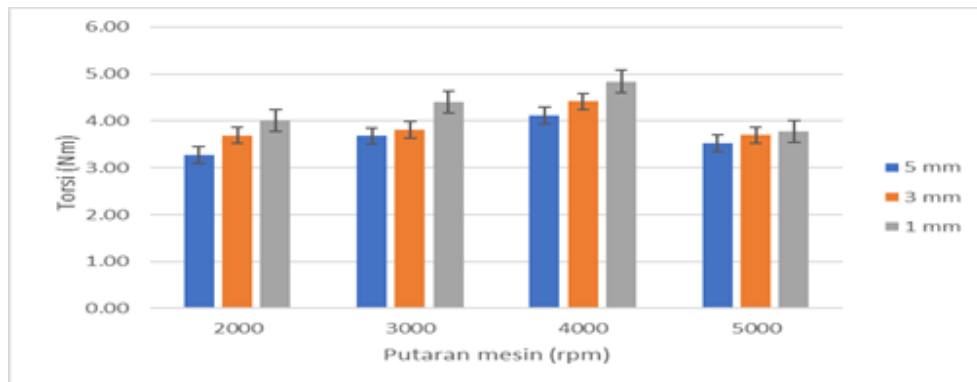
1. : Tangki bahan bakar
2. : Stopcock
3. : Selang bahan bakar
4. : Karburator
5. : Cylinder head
6. : Cylinder blok
7. : Puli
8. : Poros output
9. : Rope
10. : Neraca pegas digital
11. : Baut pengatur beban
12. : Pengunci

Gambar 2. Skema penggunaan alat pengujian (Renaldy, I.M. Mara 2021)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Performa Mesin

Setelah dilakukan perhitungan dari data-data yang didapatkan kemudian dikonversi ke dalam bentuk grafik, dari grafik yang didapat bisa dilihat bahwa pengaruh dari high dome piston terhadap torsi, daya efektif, dan konsumsi bahan bakar.



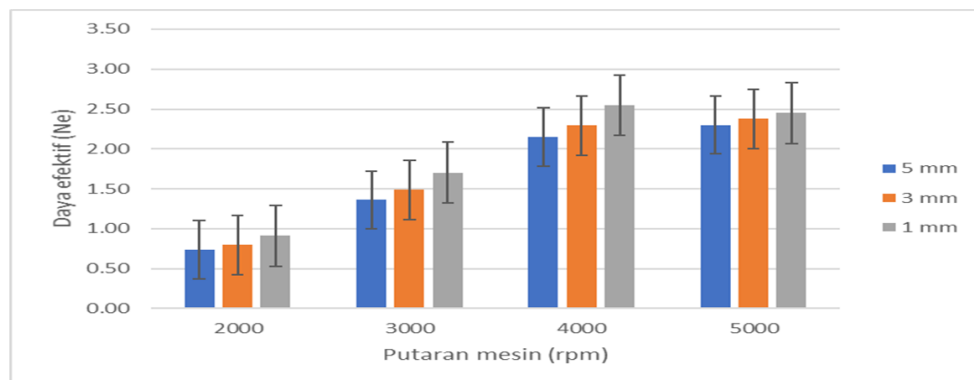
Gambar 3. Grafik perbandingan antara putaran mesin dengan torsi

Gambar 3 grafik torsi menunjukkan pola peningkatan seiring naiknya putaran mesin hingga mencapai puncaknya pada putaran mesin 4000 rpm, lalu mengalami penurunan pada putaran mesin 5000 rpm. Pada grafik diatas, tinggi dome piston 1 mm menghasilkan torsi tertinggi karena volume ruang bakarnya yang terbesar, sehingga mampu menghasilkan torsi tertinggi. Sedangkan pada dome piston 5 mm menghasilkan torsi yang paling rendah karena volume ruang bakar yang dihasilkan paling kecil diantara dome piston yang lain. Salah satu faktor tersebut adalah efisiensi volumetrik, yaitu kemampuan mesin untuk mengisi silinder dengan udara secara optimal selama fase hisap (Nasution, Jufrizal, dan Supriatno 2025).

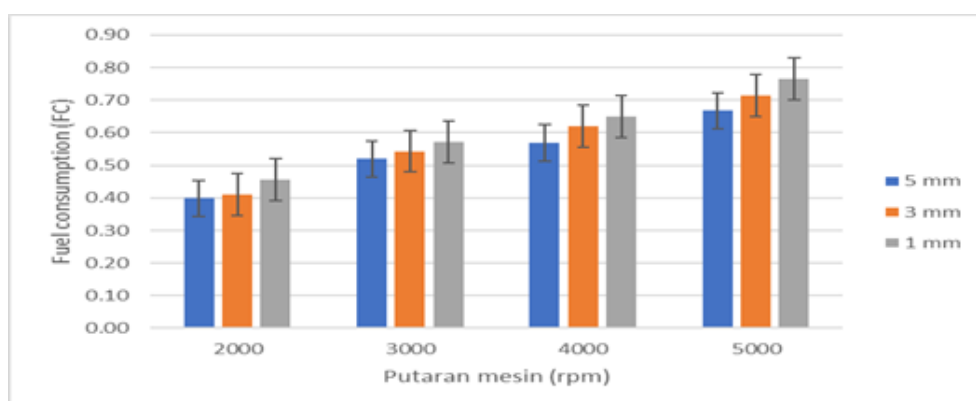
Sementara pada Gambar 4 daya efektif yang dihasilkan piston dome dengan ketinggian 1 mm pada putaran mesin 4000 rpm menjadi daya efektif tertinggi dan daya efektif terendah dihasilkan pada piston dome dengan ketinggian 5 mm pada putaran mesin 2000 rpm, peningkatan terjadi secara bertahap dan perlahan hingga mencapai performa maksimal pada putaran mesin yang cukup tinggi.

Gambar 5 memperlihatkan pada piston dengan ketinggian dome 1 mm menghabiskan bahan bakar terbesar sedangkan pada piston dome 5 mm menghabiskan bahan bakar terendah.

Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi putaran mesin, konsumsi bahan bakar yang diperlukan juga semakin besar.

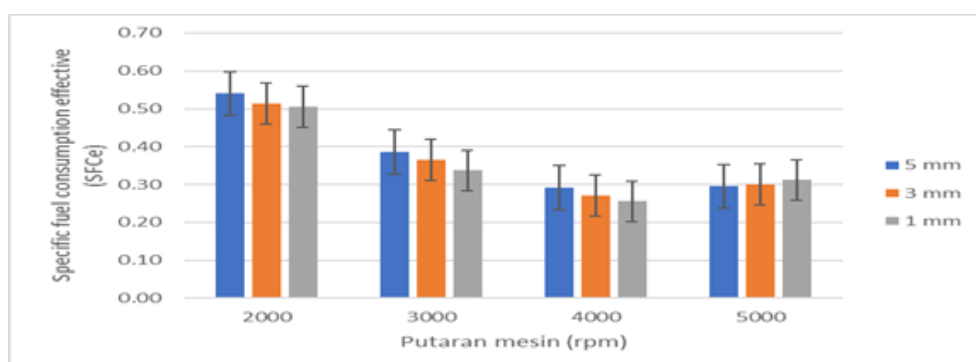


Gambar 4 . Grafik perbandingan antara putaran mesin dengan daya efektif



Gambar 5 . Grafik perbandingan antara putaran mesin dengan fuel consumption

Hal ini terjadi karena peningkatan putaran mesin menyebabkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus pembakaran menjadi lebih singkat. Akibatnya, pada putaran tinggi, jumlah siklus pembakaran per satuan waktu lebih banyak dibandingkan dengan putaran rendah. Oleh karena itu, pasokan bahan bakar yang masuk ke ruang bakar juga meningkat seiring dengan bertambahnya putaran mesin (A.Z. Arifin, Y.A. Padang dan I.M Mara 2021)



Gambar 6 . Grafik perbandingan antara putaran mesin dengan SFCe

Dari Gambar 6 terlihat semakin tinggi putaran mesin maka nilai SFCe yang dihasilkan semakin rendah. Oleh karena itu pada putaran 2000 rpm dengan ketinggian dome 5 mm menghasilkan SFCe tertinggi sedangkan pada putaran mesin 5000 rpm menghasilkan nilai SFCe terendah.

Terlihat bahwa dengan meningkatnya putaran mesin, nilai SFCe yang diperoleh justru semakin menurun. Hal ini terjadi karena putaran mesin yang lebih tinggi menghasilkan konsumsi

bahan bakar dan daya efektif yang lebih besar, sehingga nilai SFCE menjadi lebih rendah, sedangkan semakin kecil nilai SFCE menunjukkan bahwa efisiensi pemanfaatan bahan bakar untuk menghasilkan daya efektif pada mesin semakin baik (A.Irawan, dan Adityo 2015).

3.2. Anova dua arah

Berdasarkan gambar anova torsi dan *fuel consumption* di atas, dapat disimpulkan bahwa variasi ketinggian dome piston, putaran mesin, serta interaksi antara keduanya memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai yang dihasilkan oleh mesin pada tingkat signifikansi 5%. Hal ini dibuktikan dengan nilai F hitung yang lebih tinggi dibandingkan nilai F tabel, serta nilai P-value yang lebih kecil dari batas toleransi kesalahan (alpha) sebesar 0,05.

Anova torsi						
Pengaruh variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	P-value	F tabel
Putaran mesin	0.995569114	2	0.497784557	3.671647833	0.038863708	3.354131
Ketinggian <i>dome</i>	1.627099574	2	0.813549787	6.000725153	0.00697944	3.354131
Interaction	0.504256921	4	0.12606423	0.929846961	0.461364642	2.727765
Error	3.660531633	27	0.135575246			
Total	6.787457243	35				

Gambar 7. Anova torsi

ANOVA Fuel consumption						
Pengaruh variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	P-value	F tabel
Putaran mesin	0.341470951	2	0.170735476	66.20424907	3.88603E-11	3.354130829
Ketinggian <i>dome</i>	0.031389942	2	0.015694971	6.085869099	0.006580781	3.354130829
Interaction	0.00219839	4	0.000549598	0.213111492	0.928865041	2.727765306
Error	0.069630846	27	0.00257892			
Total	0.444690129	35				

Gambar 8. Anova *fuel consumption*

ANOVA daya efektif						
Pengaruh variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F hitung	P-value	F tabel
Putaran mesin	11.73227509	2	5.866137544	42.40267147	4.66838E-09	3.354130829
Ketinggian <i>dome</i>	0.428004331	2	0.214002165	1.546888978	0.231193277	3.354130829
Interaction	0.072535038	4	0.01813376	0.131077706	0.96968305	2.727765306
Error	3.735276769	27	0.138343584			
Total	15.96809123	35				

Gambar 9. Anova daya efektif

ANOVA Specific fuel consumption effective						
Pengaruh variasi	Jumlah kuadrat	Derajat bebas	Kuadrat tengah	F - hitung	P-value	F - tabel
Putaran mesin	0.232461585	2	0.116230793	22.61462205	1.70131E-06	3.354130829
Ketinggian <i>dome</i>	0.004215689	2	0.002107845	0.41011602	0.667637494	3.354130829
Interaction	0.002868875	4	0.000717219	0.13954674	0.966063779	2.727765306
Error	0.138770013	27	0.00513963			
Total	0.378316162	35				

Gambar 9 dan 10. Anova *specific fuel consumption effective*

Berdasarkan Gambar 10, dapat disimpulkan bahwa variasi ketinggian dome piston, putaran mesin, serta interaksi antara keduanya memberikan pengaruh yang tidak signifikan terhadap nilai yang dihasilkan oleh mesin pada tingkat signifikansi 5%. Hal ini dibuktikan dengan nilai F hitung yang lebih rendah dibandingkan nilai F tabel, serta nilai P-value yang lebih kecil dari batas toleransi kesalahan (alpha) sebesar 0,05.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian performa mesin menggunakan metode *rope brake dynamometer*, diperoleh beberapa temuan penting terkait variasi ketinggian dome piston. Torsi dan daya efektif tertinggi dicapai pada putaran mesin 4000 rpm dengan ketinggian dome piston 1 mm, sedangkan nilai terendah untuk kedua parameter tersebut terjadi pada putaran 2000 rpm dengan dome piston setinggi 5 mm. Konsumsi bahan bakar tertinggi tercatat pada 5000 rpm dengan dome piston 1 mm, sementara konsumsi terendah ditemukan pada 2000 rpm dengan dome piston 5 mm. Nilai SFCE tertinggi terjadi pada 2000 rpm dengan dome piston 5 mm, dan nilai SFCE terendah diperoleh pada 4000 rpm dengan dome piston 1 mm.

Hal ini disebabkan karena besar volume dari ruang bakar menjadi berubah dan rasio kompresi menjadi lebih kecil karena semakin tinggi kontruksi dome piston maka volume ruang bakar juga mengecil. Oleh karena itu, volume bahan bakar dan udara yang mengalir kedalam ruang bakar semakin kecil, jadi saat melakukan langkah combustion ledakan yang terjadi tidak sekuat saat menggunakan piston dengan dome yang rendah.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Secara khusus, terima kasih disampaikan kepada bapak dosen pembimbing satu I Made Mara, S.T., M.Sc. dan bapak dosen pembimbing dua Rudy Sutanto, S.T., M.T. dan teman-teman di lab mobil listrik Universitas Mataram.

Daftar Pustaka

- Agustus, No, and Faizal Akbar. 2024. "Analisis Pengaruh Rasio Kompresi dan Persentase Etanol pada Bahan Bakar terhadap Kinerja Mesin Otto 4 Langkah Politeknik Negeri Malang, Indonesia." *Jurnal Teknik Mesin* 2 (4): 4–11.
- Allmägi, Roland, Risto Ilves, and Jüri Olt. 2024. "Comprehensive Review of Innovation in Piston Engine and Low Temperature Combustion Technologies." *Transport* 39 (1): 86–113. <https://doi.org/10.3846/transport.2024.21333>.
- Alvin Nurfaiz, Dida Ardito Yudhistira, Dwi Istiyarno, and Trisma Jaya Saputra. 2023. "Pengaruh Dampak Variasi Piston Diameter 58 ML dan 52 ML terhadap Kinerja Motor Matic 4 Tak 110." *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika* 2 (3): 179–85. <https://doi.org/10.55606/jtmei.v2i3.2135>.
- Anwar, Syahrul, Henry Permana, and Irfan Susanto. 2022. "Analisa Kinerja Motor Bakar Bensin 4 Langkah Menggunakan Bahan Bakar dari Minyak Plastik." *Metrik Serial Humaniora dan Sains (E)* 3 (2): 16–24.
- Arifin, A.Z., Y.A. Padang, and I.M. Mara. 2021. "Pengaruh Variasi Volume Silinder terhadap Engine Performance Kendaraan Hemat Energi Tim Mandalika Desantara Kategori Prototype Internal Combustion Engine." *Jurnal Teknik Mesin* 11 (1): 1–8.
- Dermawan, Gifari Iswandito, Muchammad, and Khoiri Rozi. 2025. "Analisis Karakteristik Motor Bakar Torak 4 Langkah dengan Menggunakan Bahan Bakar RON 90." *Jurnal Teknik Mesin* S1 13 (1): 41–44.
- Dharma, Untung Surya, and Totong Heru Wahyudi. 2015. "Pengaruh Volume Ruang Bakar Sepeda Motor terhadap Prestasi Mesin Sepeda Motor 4 Langkah." *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin* 4 (2). <https://doi.org/10.24127/trb.v4i2.77>.
- Dinyar, Bagas Alfath, Fadelan Fadelan, and Kuntang Winangun. 2022. "Pengaruh Modifikasi Permukaan Piston (Dome) dengan Bahan Bakar Ethanol terhadap Torsi dan Daya pada

- Mesin 4 Langkah Astro 108 CC.” *Komputek* 6 (1): 32–39. <https://doi.org/10.24269/jkt.v6i1.1140>.
- Irawan, Andik, and Adityo. 2015. “Karakteristik Unjuk Kerja Motor Bensin 4 Langkah dengan Variasi Volume Silinder dan Perbandingan Kompresi.” *Jurnal Ilmiah Inovasi* 15 (1): 47–51. <https://doi.org/10.25047/jii.v15i1.64>.
- Kusmanto, Ilham Panji Putra Pratama, and Yuniarto Agus Winoko. 2019. “Pengaruh Suhu Bahan Bakar terhadap Daya dan Konsumsi Bahan Bakar Motor Bensin 1781 CC.” *Jurnal Flywheel* 10 (1): 33–43.
- Majedi, Farid, and Indah Puspitasari. 2017. “Optimasi Daya dan Torsi pada Motor 4 Tak dengan Modifikasi Crankshaft dan Porting pada Cylinder Head.” *Jurnal Teknologi Terpadu* 5 (1). <https://doi.org/10.32487/jtt.v5i1.216>.
- Mara, I.M., I.M.A. Sayoga, I.G.N.K. Yudhyadi, and I.M. Nuarsa. 2018. “Analisis Emisi Gas Buang dan Daya Sepeda Motor pada Volume Silinder Diperkecil.” *Dinamika Teknik Mesin* 8 (1): 8. <https://doi.org/10.29303/dtm.v8i1.154>.
- Muchlisnalahuddin, Riza Muharni, and Usriadi. 2022. “Analisis Performa dan Konsumsi Bahan Bakar pada Honda Tiger 2006 Menggunakan Piston Standar dan Piston Pro Neotech.” *Jurnal Teknik Mesin* 15 (1): 32–39. <https://doi.org/10.30630/jtm.15.1.784>.
- Muhammad Rifai, Nely Ana Mufarida, Andik Irawan. 2024. “Pengaruh Kontruksi Piston Standar dan Piston Dome Berbahan Bakar Campuran Premium dan Methanol terhadap Performa Motor Bakar 4 Langkah 110CC.” *Sports Culture* 15 (1): 72–86. <https://doi.org/10.25130/sc.24.1.6>.
- Nasution, Kurnia Rizky, Jufrizal Jufrizal, and Supriatno Supriatno. 2025. “Analisis Performa Sepeda Motor Sport 155cc 2 Tak dengan Beragam Jenis Bahan Bakar.” *IRA Jurnal Teknik Mesin dan Aplikasinya (IRAJTMA)* 4 (1): 128–35. <https://doi.org/10.56862/irajtma.v4i1.184>.
- Purnomo, Bagiyo Condro, and Suroto Munahar. 2019. “Pengaruh Tekanan Kompresi terhadap Daya dan Torsi pada Engine Single Piston.” *Quantum Teknika: Jurnal Teknik Mesin Terapan* 1 (1): 14–18. <https://doi.org/10.18196/jqt.010103>.
- Renaldy, I.M. Mara, and I.B. Alit. 2021. “Pengaruh Variasi Clearance Volume dengan Memodifikasi Cylinder Head terhadap Engine Performance Kendaraan Hemat Energi Tim Mandalika Desantara Kategori Prototype.” *Jurnal Teknik Mesin D* (1): 1–8.
- Siregar. 2022. “Analisis Karakteristik Perbandingan Kompresi Ruang Bakar pada Motor Bakar Bensin 4 Langkah.” *Jurnal Teknik Mesin*, no. 8.5.2017: 2003–5.
- Srirussamee, Kasama, Anak Khantachawana, Bunheng Hok, and Aphinan Phukaoluan. 2021. “Thermomechanical Performance of the Offset Crankshaft Heat Engine Driven by TiNiCu Shape Memory Alloys.” *Engineering Journal* 25 (2): 85–93. <https://doi.org/10.4186/ej.2021.25.2.85>.
- Wjayanti, Fitri, and Dadan Irwan. 2014. “Analisis Pengaruh Bentuk Permukaan Piston terhadap Kinerja Motor Bensin.” *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 2 (1): 34–42.