

The Effect Of Piston Mass Variation On Fuel Efficiency Without Load In Ethanol-Fueled Engines

Pengaruh Variasi Massa Piston Terhadap Efisiensi Bahan Bakar Tanpa Beban Pada Mesin Berbahan Bakar Ethanol

Galang Ihza Mahendra¹⁾, A'rasy Fahrudin²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Galangapm@gmail.com : arasyfahrudin@umsida.ac.id

Abstract. *Technological developments demand increased efficiency of vehicle engines, especially motorcycles used by Indonesian people. Large piston masses cause friction between the piston and the cylinder wall causing energy losses thereby reducing fuel efficiency, this study aims to determine the effect of piston mass on ethanol fuel consumption. The method used is an experiment with variations in piston mass, namely a standard piston with a mass of 37.1 grams and a piston that has a mass reduction of up to 5 grams. Based on previous research, lightweight pistons in Pertamina gasoline engines show a decrease in fuel consumption. The results of the research test show. Pistons with a lighter mass than the standard achieve fuel consumption of 0.93 ml in no-load testing, accompanied by an increase in torque of 3 HP and a decrease in specific fuel consumption of 1.1 kg / kWh, especially in no-load engine speed conditions.*

Keywords - *piston mass, fuel consumption, ethanol, engine efficiency, motorcycle.*

Abstrak. *Perkembangan teknologi menuntut peningkatan efisiensi mesin kendaraan, khususnya sepeda motor digunakan masyarakat Indonesia. Massa piston besar menimbulkan gesekan antara piston dan dinding silinder menimbulkan kerugian energi sehingga menurunkan efisiensi penggunaan bahan bakar, penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh massa piston terhadap konsumsi bahan bakar ethanol. Metode digunakan adalah eksperimen variasi massa piston, yaitu piston standar bermassa 37,1 gram dan piston yang mengalami pengurangan massa hingga 5 gram. Berdasarkan penelitian sebelumnya, piston ringan pada mesin berbahan bakar gasoline Pertamina menunjukkan penurunan konsumsi bahan bakar. Hasil pengujian penelitian menunjukkan. Piston dengan massa lebih ringan dari pada standart mencapai konsumsi bahan bakar sebesar 0,93 ml pada pengujian tanpa beban, disertai peningkatan torsi sebesar 3 HP serta penurunan nilai specific fuel consumption sebesar 1,1 kg/kWh, khususnya kondisi putaran mesin tanpa beban.*

Kata Kunci - *massa piston, konsumsi bahan bakar, ethanol, efisiensi mesin, sepeda motor.*

I. PENDAHULUAN

Meningkatnya kebutuhan masyarakat Indonesia terhadap teknologi, khususnya transportasi, mendorong perkembangan sarana yang lebih efisien dan modern, berperan penting dalam menunjang dan mempermudah kelangsungan berbagai aktivitas, terutama dalam dunia kerja[1]. Sepeda motor merupakan salah satu moda transportasi yang memiliki peran penting dan telah menjadi bagian integral dalam kehidupan masyarakat modern [2]. Meskipun sederhana, sepeda motor memiliki banyak kegunaan dan manfaat, baik sebagai alat transportasi yang efisien maupun karena harganya yang relatif terjangkau, sehingga menjadi pilihan kalangan masyarakat [3]. Sistem kerja sepeda motor umumnya menggunakan mesin pembakaran internal dengan *piston* sebagai komponen penggerak utama. Mekanisme ini menghasilkan panas yang cukup tinggi, sehingga diperlukan upaya untuk meminimalisir gesekan guna mencegah terjadinya panas berlebih (*overheat*), demi menjaga daya tahan setiap komponen[4].

Oleh karena itu di jaman modern sekarang di perlukan inovasi alternatif terbarukan, dengan harapan mengurangi terjadinya trobel *engine* serta meningkatkan daya umur komponen lebih lama tanpa mengurangi peforma motor itu sendiri[5]. Piston berfungsi untuk menghisap dan memadatkan campuran udara dan bahan bakar di dalam silinder, serta mengubah tekanan hasil pembakaran menjadi energi mekanik yang kemudian diteruskan ke poros engkol[6]. Gerakan translasi piston yang berlangsung sangat cepat menyebabkan terjadinya gesekan antara piston dengan dinding silinder[7]. Untuk mengurangi kerugian tersebut, beban atau berat piston harus diperhatikan agar energi pembakaran tidak banyak terbuang untuk menggerakkan piston. Tujuan mengurangi bukan membuat piston itu jadi ringan semata, Massa piston merupakan bagian dari "massa bolak-balik" mesin. Hal ini membuat akselerasi yang sangat cepat, sehingga piston mengubah arahnya berkali-kali per detik[8]. membuat permukaan dinding seher lebih leluasa bergerak menjadikan boring lebih sedikit gesekan mencegah terjadinya pemuain *piston* berlebihan, friksi jadi berkurang[9]. Efek putaran mesin jadi sangat ringan menjadikan piston menuju tma dan tmb semakin cepat.

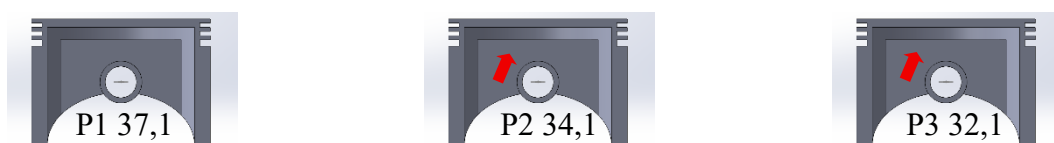
Piston yang lebih berat dapat menahan lebih banyak panas, yang dapat memengaruhi efisiensi pembakaran. *Piston* yang lebih ringan dapat membantu membuang panas dengan lebih efisien, sehingga meningkatkan efisiensi termal[10]. Selain itu, penggunaan *piston* ringan umumnya mampu meningkatkan performa mesin melalui peningkatan responsivitas yang dimana menghasilkan peningkatan efisiensi pada *engine* secara teori, serta memungkinkan mesin bisa beroperasi pada putaran yang lebih tinggi[11]. Penelitian sebelumnya telah mengulas tentang dampak perubahan massa piston terhadap tingkat konsumsi bahan bakar pada mobil hemat energi, baik saat kendaraan beroperasi tanpa beban maupun ketika digunakan dengan beban, dengan menggunakan bahan bakar Pertamina. Hasil pengujian menunjukkan bahwa piston dengan massa lebih ringan memberikan peningkatan efisiensi konsumsi bahan bakar[12]. Untuk mewujudkan kendaraan yang efisien dan ramah lingkungan maka diperlukan modifikasi maupun perhitungan ulang untuk menciptakan transportasi yang lebih hemat dan efisien di sektor bahan bakar maupun tenaga[13]. Tujuan penelitian ini adalah Untuk mengetahui pengaruh perbedaan massa piston penggunaan bahan bakar ethanol, karena ketika menggunakan bahan bakar yang sama dengan massa piston apakah akan menghasilkan peningkatan pada efisiensi bahan bakar maupun tenaga atau malah sebaliknya.

II. METODE

Metode *experiment* digunakan pada penelitian ini pada variabel bebas ini adalah massa *piston* dan RPM yang dialami oleh kinerja mesin. Sehingga dapat diketahui pengaruh berat piston yang terjadi dalam suatu mesin sesuai tujuan penelitian yang menghasilkan perubahan efisiensi bahan bakar dan output tenaga yang di hasilkan pada kendaraan[14]. Berikut adalah variabel pengujian :

1. Variabel Independen (bebas)

Dalam penelitian ini digunakan variasi massa piston dengan melakukan pengurangan berat piston. Variasi yang digunakan meliputi piston standar (P1) dengan berat 37,1 gram, piston standar yang dikurangi 2 gram (P2) menjadi 34,1 gram, dan piston standar yang dikurangi 2 gram (P3) dengan berat 32,1 gram, dan pengujian putaran mesin di variabel pada 1500 rpm, 2500 rpm, 3500 rpm, dan 4500 rpm, dengan durasi pengujian selama 60 detik (1 menit).



Gambar 1. Variabel berat piston

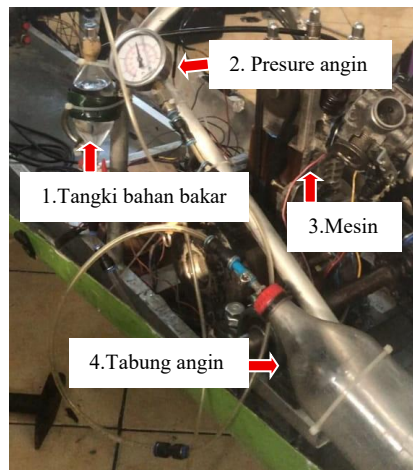
2. Variabel Dependen (terikat)

Dalam penelitian ini jenis bahan bakar yang di gunakan adalah Ethanol 98%. Lalu diamati konsumsi bahan bakar, Torsi, Daya, dan SFC.

3. Variabel Kontrol

Dalam penelitian ini meliputi penggunaan bahan dan alat yang sama serta perlakuan yang konsisten selama seluruh pengujian. Data dikumpulkan melalui observasi, dimana hasil pengamatan selama penelitian dicatat untuk kemudian dianalisis. Pada tahapan ini menentukan metode pengujian yaitu hasil konsumsi bahan bakar tanpa beban, pengujian ke 2 meliputi pengambilan data gaya momen untir pada mesin menggunakan timbangan pegas berbobot 250Kg dan di uji pada 4500 RPM lalu dijaga metode setiap pengambilan data agar hasil akurat. Uji konsumsi mengukur pemakaian bahan bakar yang terpakai setiap putaran mesin tanpa beban, dilanjut dengan pengujian mesin di ukur lengan putarnya dan diamati output powernya pengujian dilakukan dimana ketiga variasi berat piston ini dilakukan pengujian bergantian secara bertahap, sehingga diketahui perbedaan dari tiap – tiap variasi dalam melakukan uji dan analisis berdasarkan parameter yang telah di tentukan[11].

Terdapat batasan pada penelitian ini hanya mengamati konsumsi bahan bakar pada rpm terbatas maupun pengujian 2 yang meliputi torsi, daya, dan sfc pada 4500 RPM. Proses uji *fuel consumption* dilakukan di laboratorium teknik mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo untuk objek penelitian ini menggunakan kendaraan mobil prototype hemat energi. Berikut merupakan gambar komponen mesin mobil hemat energi :



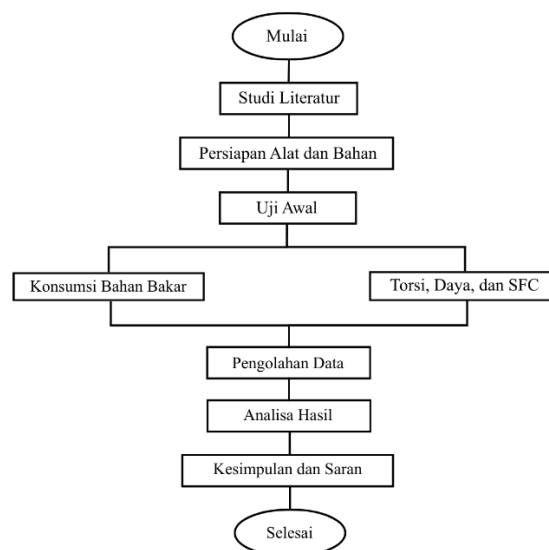
Gambar 2. Komponen mesin

Komponen mesin mobil hemat energi meliputi:

1. Tangki bahan bakar
2. Pressure angin
3. Mesin jupiter
4. Tabung angin

Mesin yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin sepeda motor yamaha jupiter satu silinder, empat langkah, dengan kapasitas silinder yang dimodifikasi menjadi 90 cc, dan sistem pemasukan bahan bakar diubah menjadi injeksi. Mesin memiliki diameter silinder (*bore*) sebesar 47,5 mm dan langkah piston (*stroke*) sebesar 54,5 mm, serta menggunakan sistem pengapian ECU (*Electronic Control Unit*). Mesin dioperasikan menggunakan bahan bakar ethanol 98%, modifikasi dijaga kecuali pada variasi massa piston, yaitu piston standar bermassa 37,1 gram dimodifikasi dengan pengurangan massa hingga 5 gram. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa perubahan konsumsi bahan bakar dan tenaga yang di hasilkan mesin terjadi hanya dipengaruhi oleh perbedaan massa piston.

Tahap penelitian meliputi pengumpulan data, perhitungan data, serta analisis data. Agar hasil penelitian dapat maksimal, proses pelaksanaan penelitian ini dijelaskan secara rinci dalam bentuk *flowcard* pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Flowcard

Metode penelitian eksperimen dilaksanakan secara terencana oleh peneliti dengan memberikan perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian, dengan tujuan memunculkan suatu peristiwa atau kondisi yang akan diamati untuk mengetahui dampak atau akibatnya[15]. Sebelum pelaksanaan pengujian, terdapat beberapa tahapan prosedur yang harus terlebih dahulu sebelum dilakukan pengambilan data.

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

Adapun prosedur yang dilakukan sebelum pengujian adalah sebagai berikut. Prosedur pengujian diawali dengan menyiapkan mesin uji, bahan bakar ethanol, serta peralatan pengujian berupa buret, *stopwatch*, dan timbangan pegas. Seluruh alat ukur dikalibrasi terlebih dahulu sebelum digunakan. Selanjutnya dilakukan pengurangan massa pada bagian belakang kepala piston, kemudian massa piston diukur dan dipasang pada mesin sesuai dengan variasi massa yang telah ditentukan. Bahan bakar diisikan ke dalam tangki sebanyak 100 ml menggunakan buret, lalu mesin diuji selama 60 detik pada RPM yang telah ditetapkan. Setelah pengujian selesai, tangki bahan bakar diisi ulang menggunakan buret untuk menentukan konsumsi bahan bakar. Pada setiap kondisi pengujian, nilai berat tarikan mesin diukur menggunakan timbangan pegas setelah putaran mesin stabil selama 60 detik pada 4500 RPM. Setiap pengujian diulang sebanyak tiga kali untuk memperoleh data yang akurat dan konsisten. Data hasil pengujian selanjutnya diolah untuk mengetahui pengaruh variasi massa piston terhadap konsumsi bahan bakar dan kinerja mesin melalui perhitungan laju konsumsi bahan bakar, torsi, daya, dan *specific fuel consumption* (SFC).

Ada faktor-faktor yang dijaga tetap selama proses pengujian agar tidak memengaruhi hasil penelitian. Variabel meliputi pengisian bahan bakar, suhu udara, suhu kerja mesin, sistem pengapian, tekanan bahan bakar, tekanan tabung udara, kompresi dan kalibrasi alat ukur yang digunakan.

Tabel 2. Variabel kontrol

Variabel kontrol	
Volume tabung BBM	100ml
Jenis Bahan bakar	Ethanol 98%
Suhu udara	30 - 32°C
Suhu kinerja mesin	67°C
Tekanan bahan bakar	2,7 bar
Tekanan tabung udara	3,8 bar
Kompresi	16,1 : 1

Konsumsi bahan bakar pada kondisi tanpa beban diukur menggunakan parameter yang menunjukkan jumlah bahan bakar yang terpakai per jam, menit, atau detik terhadap daya yang dihasilkan. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui besarnya kebutuhan bahan bakar pada kecepatan tertentu[16].

Konsumsi laju bahan bakar (m_f) sendiri dapat diketahui dengan cara menghitung waktu yang dibutuhkan dalam menghabiskan bahan bakar yang telah diukur, dengan cara memasukkan data-data yang diperoleh kedalam rumus tersebut:

$$m_f = V_f \times S_{gf} = \text{volume bahan bakar } L/h \times 0,789 \dots \dots \dots Kg/jam \quad (1)$$

Dimana:

m_f = konsumsi bahan bakar (kg/jam)

S_{gf} = *ethanol Specific gravity* 0,789 (kg/L)

V_f = volume bahan bakar yang diuji (mL)

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Berikut disajikan data hasil pengujian konsumsi bahan bakar pada kondisi putaran mesin tanpa beban dalam bentuk tabel. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 3, konsumsi bahan bakar paling efisien pada kondisi tanpa beban terjadi pada putaran mesin 1500 RPM dengan nilai sebesar **1,23 ml/s**.

Tabel 3. Pengambilan data

Kondisi pengujian tanpa beban piston 37,1g			
RPM		Konsumsi bahan bakar	
		pengujian	Rata rata (ml/s)
1	1500	1,2	1,23
		1,3	
		1,2	
2	2500	1,8	1,83
		1,7	
		2,0	
3	3500	2,8	3,13

4	4500	3,2	3,9
		3,4	
		3,6	
		3,9	
		4,2	

Berikut disajikan data hasil pengujian konsumsi bahan bakar pada kondisi putaran mesin tanpa beban dalam bentuk tabel. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 4, konsumsi bahan bakar paling efisien pada kondisi tanpa beban terjadi pada putaran mesin 1500 RPM dengan nilai sebesar **1,06 ml/s**.

Tabel 4. Pengambilan data

Kondisi pengujian tanpa beban piston 34,1g			
RPM		Konsumsi bahan bakar	
		pengujian	Rata rata (ml/s)
1	1500	0,8	1,06
		1,1	
		1,3	
2	2500	1,6	1,6
		1,7	
		1,5	
3	3500	2,2	2,6
		2,6	
		3,2	
4	4500	3,3	3,5
		3,8	
		3,9	

Berikut disajikan data hasil pengujian konsumsi bahan bakar pada kondisi putaran mesin tanpa beban dalam bentuk tabel. Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5, konsumsi bahan bakar paling efisien pada kondisi tanpa beban terjadi pada putaran mesin 1500 RPM dengan nilai sebesar **0,93 ml/s**.

Tabel 5. Pengambilan data

Kondisi pengujian tanpa beban piston 32,1g			
RPM		Konsumsi bahan bakar	
		pengujian	Rata rata (ml/s)
1	1500	0,7	0,93
		1,0	
		1,1	
2	2500	1,4	1,4
		1,3	
		1,5	
3	3500	2,2	2,5
		2,4	
		3	
4	4500	3,1	3,3
		3,4	
		3,6	

Hasil pengujian untuk mencari data gaya moment untir pada mesin menggunakan timbangan 250 kg untuk mencari nilai Torsi, Daya, dan SFC, menunjukkan hasil dengan menggunakan bahan bakar Ethanol[17], pengujian di peroleh dengan tabel 6 di bawah ini

Tabel 6. Pengambilan data

Kondisi pengujian dengan timbangan pegas					
	RPM	Berat piston	Torsi	Daya	SFC
1	4500	37.1 g	2,25 N.m	1,05 KW	1,6 Kg/kWh
2	4500	34.1 g	2,27 N.m	1,06 KW	1,5 Kg/kWh
3	4500	32.1 g	3 N.m	1,41 Kw	1,1 Kg/kWh

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa variasi massa piston berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar maupun kinerja mesin sepeda motor berbahan bakar ethanol. , khususnya penurunan pada kondisi pengujian tanpa beban yaitu 0,30ml per-menitnya dari piston berbobot standarnya. Selain itu, piston ringan menunjukkan peningkatan kinerja mesin yang ditandai dengan meningkatnya torsi hingga 3 HP serta menurunnya nilai *specific fuel consumption* sebesar 1,1 kg/kWh. Penurunan gesekan dan beban inersia akibat pengurangan massa piston menjadi faktor utama yang menyebabkan peningkatan efisiensi dan kinerja mesin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua atas doa, perhatian, dan dukungan tulus yang senantiasa diberikan selama proses penyelesaian skripsi ini. Penulis juga menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya kepada seluruh teman seperjuangan yang telah membantu serta memberikan dukungan moral, arahan, saran, dan motivasi selama penyusunan skripsi.

REFERENSI

- [1] M. Y. Yunus and A. F. Fahrudin, "Analysis of the Influence of Fuel Variations A, B, and C on Fuel Consumption, Exhaust Emissions and Power in 1300cc Engines," pp. 1–10, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.21070/ups.946>
- [2] P. Ferdias, "Analisis Materi Volume Benda Putar pada Aplikasi Cara Kerja Piston di Mesin Kendaraan Roda Dua Pandri," vol. 6, no. 2, pp. 177–182, 2015, [Online]. Available: <file:///C:/Users/BKF/Downloads/47-81-2-PB.pdf>
- [3] M. Maulana *et al.*, "Peningkatan Kecepatan Pendinginan Pada Sistem Pendingin Sepeda Motor Beat 110cc Dengan Kode Kvy," *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 2022, no. 18, pp. 608–614, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.7212829>
- [4] M. Galbi and I. A., "Eliminasi Pengaruh Gaya Goncang Terhadap Keausan Bantalan Bola Radial," *Bina Tek.*, vol. 11, no. 2, p. 213, 2017, doi: 10.54378/bt.v11i2.115.
- [5] D. Sebagai, S. Satu, and S. Untuk, "Peningkatan Efisiensi Injeksi Bahan Bakar Pada Mesin Utama Dikapol Mt . Strait Energy," 2024.
- [6] M. A. Shomad and A. A. Jordianshah, "Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium pada Paduan Aluminium dari Bahan Piston Bekas," *Teknoin*, vol. 26, no. 1, pp. 75–82, 2020, doi: 10.20885/teknoin.vol26.iss1.art8.
- [7] M. R. Ashari, I. M. Nauri, and E. K. Mindarta, "Perbedaan Penggunaan Varian Berat Piston Datar Terhadap Daya, Akselerasi Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor 4 Takt 110 Cc Sohc," *J. Tek. Otomotif Kaji. Keilmuan dan Pengajaran*, vol. 5, no. 2, p. 49, 2021, doi: 10.17977/um074v5i22021p49-58.
- [8] S. Wijayantara, T. Soeprajitno, and A. Z. M. F., "Analisa Thermal Stress Pada Dinding Silinder Linier Engine Bersilinder Tunggal," vol. 3, no. 1, pp. 115–118, 2014.
- [9] M. Taufiqurrahman, A. Raharjo, A. Faizdaffa Hakim, D. Prasetyo, and T. Jaya Saputra, "Analisis Mekanik Dan Termal Piston Mesin Pembakaran Dalam Menggunakan Software Ansys 2023," *Jtmei*, vol. 2, no. 3, pp. 143–154, 2023, [Online]. Available: <https://doi.org/10.55606/jtmei.v2i3>
- [10] R. Mahendra, "Jurnal Pengecoran 3," vol. 1, no. 1, 2012.
- [11] K. K. Kelvin, Agung Pranata, and Muhammad Erik Raditya, "Pembuatan Dan Analisa Piston Dengan

- Aplikasi Autodesk Inventor,” *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 10, no. 1, pp. 126–130, 2024, doi: 10.56521/teknika.v10i1.1142.
- [12] A. Wiranto and A. Roziqin, “Pengaruh variasi massa piston terhadap konsumsi baha bakar tanpa beban dan berjalan engine warak 1,” *Automot. Sci. Educ. J.*, vol. 9, no. 1, pp. 25–30, 2020, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/asej>
- [13] B. Junipitoyo, M. Fahmi Almansyah, R. I.S, and B. Dwi Cahyo, “Pengaruh Penambahan Prosentase Ethanol Dan Modifikasi Jenis Piston Terhadap Unjuk Kerja Mesin Satu Silinder,” *J. Penelit.*, vol. 8, no. 1, pp. 66–74, 2023, doi: 10.46491/jp.v8i1.1359.
- [14] S. Eko Julianto, “Analisis pengaruh putaran mesin pada efisiensi bahan bakar mesin diesel,” vol. 7, no. 3, pp. 225–231, 2016.
- [15] S. F. Pradana, G. Marausna, and F. Jayadi, “Studi Eksperimental Heat Transfer Pada Heat Exchanger,” *J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 7, no. 1, 2021.
- [16] D. Sebagai, S. Satu, U. Mendaftar, W. Sarjana, and P. Studi, “VARIASI ROLLER TERHADAP PERFORMA SEPEDA MOTOR HONDA VARIO 150 CC Oleh : Program Studi : YOGI SETIAWAN PROGRAM STUDI PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK PENGARUH PENGGUNAAN PULLEY CUSTOM DAN VARIASI ROLLER TERHADAP PERFORMA SEPEDA MOTOR HONDA VARIO 150 CC pendidi,” 2025.
- [17] M. Retno Gunarti, D. Dwi Suharso, H. Purnomo, M. Zainudin, and A. Esayadi, “Pengembangan Aplikasi Perhitungan Bahan Bakar Untuk Operasional Kapal Berbasis Android,” *J. 7 Samudra*, vol. 6, no. 2, pp. 7–12, 2023, doi: 10.54992/7samudra.v6i2.83.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.