



# INTEGRA-STEM JOURNAL

Integrative Research in Science, Technology, Engineering and Mathematics

Laman : <https://ejurnal.almarkazibkl.org/index.php/isi>

## STUDI PERBANDINGAN KONSUMSI BBM DAN EMISI GAS BUANG PADA ARMADA OJEK ONLINE : STUDI KASUS MOTOR KARBURATOR DAN INJEKSI

Faris Humami<sup>1</sup>, Dondi Kurniawan<sup>2,\*</sup>, Abed Nego Pandaya<sup>2</sup>, Anugrah Akbarsah<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Jl. Semeru, No. 3, Tegal, Jawa Tengah, 52125, Indonesia

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Soemantri Brodjonegoro, No. 1, Gedong Meneng, Bandar Lampung, 35145, Indonesia

\* e – mail : [dondikur17@eng.unila.ac.id](mailto:dondikur17@eng.unila.ac.id)

Received : 24-11-2025, Accepted : 14-12-2025

### Abstrak

Peningkatan jumlah armada ojek *online* di Kampus Universitas Lampung berdampak pada konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang, yang memengaruhi kualitas udara. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang antara motor ojek *online* yang menggunakan sistem karburator dan injeksi. Data dikumpulkan dari 40 unit sepeda motor, terdiri dari 20 motor karburator dan 20 motor injeksi, dengan pengukuran konsumsi bahan bakar menggunakan metode full-to-full dan pengujian emisi menggunakan gas analyzer portabel untuk parameter CO (karbon monoksida) dan HC (hidrokarbon). Hasil penelitian menunjukkan bahwa motor dengan sistem injeksi lebih efisien dalam konsumsi bahan bakar, mencapai 45 km/liter, sementara motor karburator hanya 38 km/liter. Selain itu, emisi CO dan HC pada motor karburator secara berurutan 2.41 g/Km dan 190 mg/Km tercatat lebih tinggi dan melebihi ambang batas yang direkomendasikan. Kesimpulannya, motor injeksi lebih unggul dari sisi efisiensi energi dan dampak lingkungan, memberikan dasar bagi pengemudi ojek *online* dan kebijakan transportasi kampus yang mendukung keberlanjutan lingkungan.

**Kata Kunci:** Konsumsi Bahan Bakar; Emisi Gas Buang; Ojek *Online*; Sistem Injeksi dan Karburator .

### Abstract

*The increase in the number of online motorcycle taxi fleets at the University of Lampung has impacted fuel consumption and exhaust emissions, affecting air quality. This study aims to compare fuel efficiency and exhaust emissions between online motorcycle taxis using carburetor and injection systems. Data were collected from 40 motorcycle units, consisting of 20 carburetor-based and 20 injection-based motorcycles. Fuel consumption was measured using the full-to-full method, while exhaust emissions were tested using a portable gas analyzer for CO (carbon monoxide) and HC (hydrocarbons) parameters. The results showed that motorcycles with injection systems were more fuel-efficient, achieving 45 km/liter, while carburetor-based motorcycles only reached 38 km/liter. Furthermore, CO and HC emissions from carburetor motorcycles simultaneously 2.41 g/Km and 190 mg/Km were higher and exceeded the recommended limits. In conclusion, injection motorcycles perform better in terms of energy efficiency and environmental impact, providing a basis for online motorcycle taxi drivers and campus transportation policies that support environmental sustainability.*

**Keywords:** Fuel Consumption; Exhaust Emissions; Online Motorcycle Taxis; Injection and Carburetor Systems.

## **1. PENDAHULUAN**

Mobilitas di lingkungan kampus dewasa ini mengalami perubahan signifikan, salah satunya ditandai dengan semakin meningkatnya penggunaan layanan ojek *online*. Di kampus Universitas Lampung, ojek *online* telah menjadi salah satu moda transportasi favorit karena fleksibel, terjangkau, dan mampu menjangkau berbagai titik dalam waktu singkat [1]. Namun di balik kenyamanan tersebut, terdapat tantangan lingkungan yang perlu diperhatikan, khususnya terkait konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang dihasilkan oleh sepeda motor yang digunakan secara intensif dalam layanan ini [2], [3].

Sebagian besar armada ojek *online* di lingkungan kampus menggunakan sepeda motor pribadi, yang terdiri dari dua tipe utama berdasarkan sistem penyemprotan bahan bakarnya, yaitu sistem karburator. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk membandingkan secara langsung efisiensi bahan bakar dan emisi gas buang antara sepeda motor dengan sistem karburator dan injeksi dalam konteks layanan ojek *online* dan sistem injeksi. Sistem karburator bekerja secara mekanis dan cenderung menghasilkan campuran bahan bakar dan udara yang kurang presisi, sehingga konsumsi bahan bakar menjadi lebih boros dan emisi gas buang lebih tinggi [4]. Sebaliknya, sistem injeksi menggunakan sensor elektronik untuk mengatur campuran udara dan bahan bakar secara lebih efisien, yang diyakini mampu menurunkan konsumsi BBM dan emisi [5].

Emisi gas buang seperti karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) merupakan hasil samping dari proses pembakaran yang tidak sempurna, dan memiliki dampak serius terhadap kesehatan manusia serta kualitas udara. Dalam konteks lingkungan kampus, di mana aktivitas berlangsung dalam ruang terbatas dan padat, akumulasi emisi kendaraan bermotor dapat menjadi ancaman lingkungan mikro yang nyata. Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi sejauh mana jenis sistem bahan bakar yang digunakan oleh armada ojek *online* berkontribusi terhadap efisiensi energi dan tingkat pencemaran udara [6].

Beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa kendaraan dengan sistem injeksi lebih unggul dalam hal efisiensi bahan bakar dan menghasilkan emisi yang lebih rendah dibandingkan dengan kendaraan yang menggunakan karburator. Namun, sebagian besar studi tersebut dilakukan di lingkungan perkotaan secara umum, belum secara spesifik menyoroti dinamika penggunaan motor harian intensif seperti ojek *online* di lingkungan kampus [5], [7]. Oleh karena itu, penelitian ini hadir untuk mengisi celah tersebut dengan fokus pada kendaraan operasional di area kampus Universitas Lampung. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang antara motor ojek *online* berbasis karburator dan injeksi yang beroperasi di lingkungan kampus. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran nyata mengenai efisiensi masing-masing jenis motor, serta menjadi acuan dalam pengambilan kebijakan kampus yang mendukung terciptanya sistem transportasi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan di Kampus Universitas Lampung, yang merupakan kawasan dengan aktivitas kendaraan bermotor cukup tinggi, terutama kendaraan roda dua milik pengemudi ojek *online*. Lokasi ini dipilih karena kondisi lalu lintas di dalam kampus mencerminkan lingkungan semi-perkotaan dengan lalu lintas padat namun terkontrol, sehingga ideal untuk menganalisis konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang dalam penggunaan kendaraan harian.

### **2.1. Jenis dan Desain Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif komparatif, dengan tujuan utama untuk membandingkan dua kelompok kendaraan berdasarkan sistem bahan bakarnya: motor dengan sistem karburator dan motor dengan sistem injeksi. Perbandingan dilakukan terhadap dua variabel utama, yaitu konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang dihasilkan. Desain ini dipilih karena dapat memberikan analisis objektif berdasarkan data numerik yang diperoleh

langsung dari lapangan [5]. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemahaman lebih dalam mengenai perbedaan efisiensi antara sistem karburator dan injeksi pada kendaraan bermotor di lingkungan kampus.

#### 2.2. *Populasi dan Sampel*

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh kendaraan roda dua milik pengemudi ojek *online* yang beroperasi di sekitar kampus Universitas Lampung. Sampel yang digunakan sebanyak 40 unit sepeda motor, terdiri dari 20 unit motor karburator dan 20 unit motor injeksi. Teknik pengambilan sampel dilakukan secara purposive sampling, dengan kriteria sebagai berikut: kendaraan masih dalam kondisi operasional standar, tidak dimodifikasi ekstrem, berasal dari merek umum (Honda, Yamaha, Suzuki), dan memiliki tahun keluaran antara 2010 hingga 2020. Kriteria ini bertujuan untuk memastikan kondisi sampel sebanding dan layak diuji.

#### 2.3. *Metode Pengumpulan Data*

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga metode utama. Pertama, wawancara dan survei dilakukan kepada pengemudi untuk mendapatkan informasi tentang jenis motor, tahun pembuatan, jarak tempuh rata-rata, jenis bahan bakar, serta rute operasional harian. Kedua, pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan menggunakan metode full-to-full, yaitu mencatat kilometer awal dan akhir perjalanan serta volume bahan bakar yang diisi kembali, untuk menghitung efisiensi konsumsi dalam satuan km/liter. Ketiga, dilakukan pengujian emisi gas buang menggunakan alat gas analyzer portabel yang mampu mengukur kadar karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>). Pengujian dilakukan dalam kondisi idle mesin selama ±60 detik agar hasil pengukuran stabil dan konsisten.

#### 2.4. *Instrumen Penelitian*

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas kuesioner survei untuk mengumpulkan data kendaraan dan karakteristik pengguna, alat ukur BBM berdasarkan metode manual (odometer dan volume tangki), gas analyzer portabel untuk pengukuran emisi gas buang. Semua alat telah dikalibrasi dan diuji fungsinya sebelum digunakan agar memperoleh data yang valid.

#### 2.5. *Teknik Analisis Data*

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif untuk mengetahui karakteristik umum dari masing-masing kelompok. Selanjutnya, dilakukan uji-t independen untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan secara statistik antara konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang dari motor karburator dan injeksi. Bila diperlukan, dilakukan juga analisis korelasi untuk melihat hubungan antara umur kendaraan dengan efisiensi bahan bakar dan tingkat emisi.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebanyak 40 unit sepeda motor digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini, terdiri dari 20 unit motor dengan sistem karburator dan 20 unit dengan sistem injeksi. Sebagian besar motor karburator merupakan tipe lawas seperti Honda Supra X 125, Yamaha Vega ZR, dan Suzuki Smash, dengan tahun keluaran antara 2008 hingga 2014. Sementara itu, motor injeksi yang diuji meliputi tipe-tipe populer seperti Honda Beat FI, Yamaha Mio M3, dan Suzuki Nex II dengan tahun keluaran antara 2015 hingga 2022. Tabel 1. berikut adalah jenis-jenis kendaraan yang menjadi sampel pengujian.

**Tabel 1.** Judul tabel ditulis dengan kapital awal kata

Jenis Kendaraan	Tipe Sistem	Tahun Keluar	Jumlah Unit
Honda Supra X 125	Karburator	2008 - 2014	9
Yamaha Vega ZR	Karburator	2010 - 2013	7
Suzuki Smash	Karburator	2012 - 2014	4
Honda Beat FI	Injeksi	2015 - 2019	12
Yamaha Mio M3	Injeksi	2018 - 2021	6
Suzuki Nex II	Injeksi	2020 - 2022	2

Rata-rata usia kendaraan karburator adalah 10.2 tahun, sedangkan kendaraan injeksi berusia 5.4 tahun. Seluruh kendaraan digunakan oleh pengemudi ojek *online* yang beroperasi minimal 4 jam per hari di area kampus Universitas Lampung dan sekitarnya. Mayoritas pengemudi menggunakan bensin jenis Pertalite, dengan sebagian kecil yang menggunakan campuran Pertamax untuk motor injeksi.

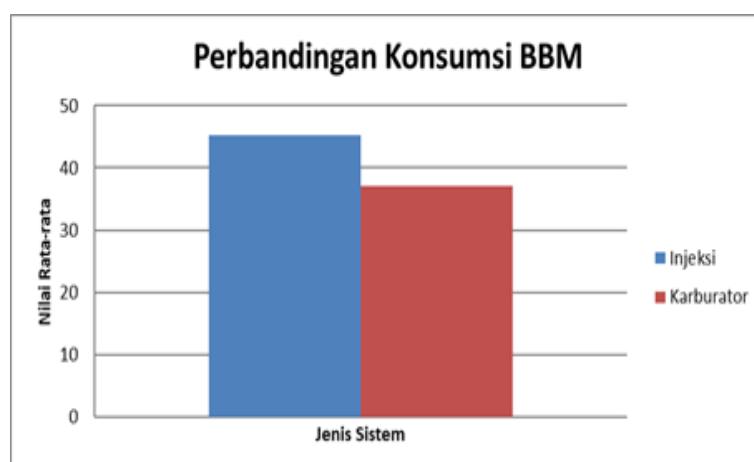
### 3.1. Konsumsi Bahan Bakar

Pengukuran konsumsi bahan bakar dilakukan menggunakan metode full-to-full seperti yang dapat dilihat pada tabel 2, di mana volume bahan bakar yang diisi dan jarak tempuh aktual pada rute harian dicatat. Rata-rata konsumsi bahan bakar motor karburator adalah 37.8 km/liter, dengan nilai minimum 31.2 km/liter dan maksimum 42.1 km/liter. Di sisi lain, motor injeksi menunjukkan konsumsi rata-rata 45.2 km/liter, dengan rentang antara 40.5 hingga 51.8 km/liter.

**Tabel 2.** Konsumsi bahan bakar untuk motor injeksi dan karburator

Tipe Sistem	Konsumsi BBM (km/liter)			Jumlah Unit
	Min.	Avg.	Maks.	
Injeksi	31.2	37.8	42.1	20
Karburator	40.4	45.2	51.8	20

Perbedaan ini menunjukkan efisiensi bahan bakar motor injeksi lebih tinggi sekitar 19,6% dibandingkan motor karburator. Hal ini dikonfirmasi oleh hasil uji-t independen yang menghasilkan nilai signifikansi (*p-value*) sebesar 0,001 (<0.05), yang berarti perbedaan konsumsi bahan bakar antara kedua kelompok signifikan secara statistik. Efisiensi sistem injeksi diperoleh dari sistem pengaturan campuran udara dan bahan bakar yang dikontrol secara elektronik (ECU), memungkinkan pembakaran yang lebih optimal dalam berbagai kondisi beban dan kecepatan, dan bisa kita lihat pada grafik di bawah ini.



**Gambar 1.** Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar

### 3.2. Emisi Gas Buang

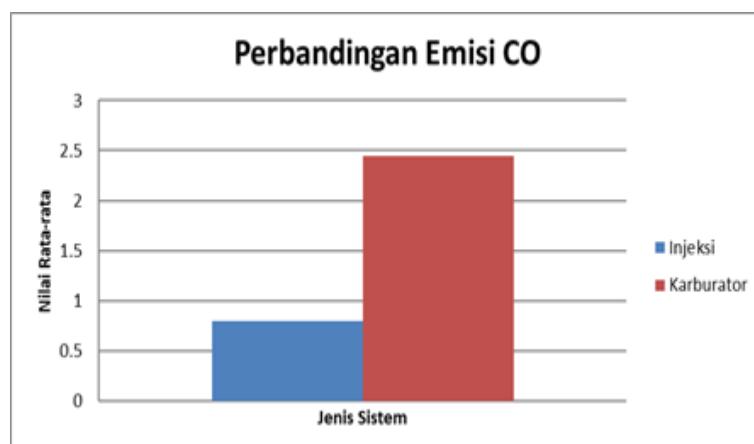
Hasil uji emisi pada motor dengan sistem injeksi dan karburator menunjukkan perbedaan signifikan dalam hal tingkat emisi yang dihasilkan. Tabel 3 menyajikan data rata-rata emisi yang terdiri dari tiga indikator utama: CO<sub>2</sub>, CO, dan HC. Motor dengan sistem injeksi menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 11.2 g/Km, CO sebesar 0.82 g/Km, dan HC sebesar 95 mg/Km. Sebaliknya, motor dengan sistem karburator menunjukkan hasil yang berbeda, yaitu emisi CO<sub>2</sub> sebesar 8.9 g/Km, CO sebesar 2.41 g/Km, dan HC sebesar 190 mg/Km. Untuk standar emisi NAB (Euro 3), data menunjukkan bahwa emisi CO tercatat sebesar 1.0 g/Km, sementara emisi HC tercatat 200 mg/Km. Dari tabel ini, dapat dilihat bahwa motor dengan sistem injeksi menghasilkan CO<sub>2</sub> yang lebih tinggi namun lebih efisien dalam mengurangi emisi CO dan HC dibandingkan dengan motor karburator.

**Tabel 3.** Hasil uji rata-rata emisi motor injeksi dan karburator

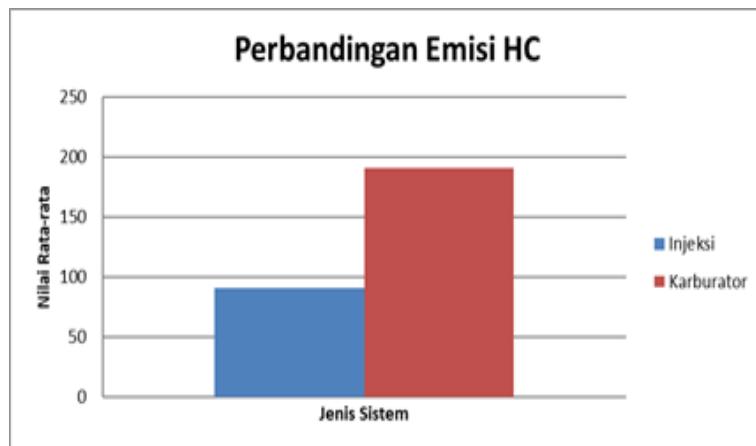
Tipe Sistem	Indikator Emisi			Jumlah Unit
	CO <sub>2</sub>	CO	HC	
Injeksi	11.2	0.82	95	20
Karburator	8.9	2.41	190	20
NAB	-	1.0	200	
Satuan	g/Km	g/Km	mg/Km	Euro 3

Hasil yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan yang jelas antara motor dengan sistem injeksi dan karburator dalam hal emisi yang dihasilkan. Salah satu temuan utama adalah perbedaan tingkat emisi CO<sub>2</sub>, di mana motor dengan sistem injeksi menghasilkan 11.2 g/Km, lebih tinggi dibandingkan motor karburator yang hanya menghasilkan 8.9 g/Km. Emisi CO<sub>2</sub> yang lebih tinggi pada sistem injeksi ini mungkin disebabkan oleh perbedaan dalam efisiensi pembakaran bahan bakar. Meskipun motor injeksi secara umum dianggap lebih modern, data ini menunjukkan bahwa faktor-faktor seperti komposisi bahan bakar dan sistem pembakaran dapat mempengaruhi emisi CO<sub>2</sub> secara signifikan [5].

Selain itu, perbedaan juga terlihat pada emisi CO. Motor karburator menghasilkan emisi CO yang lebih tinggi, yaitu 2.41 g/Km, dibandingkan dengan motor injeksi yang hanya menghasilkan 0.82 g/Km. Tingginya emisi CO pada motor karburator dapat mengindikasikan adanya pembakaran yang tidak sempurna. Sistem karburator cenderung memiliki distribusi bahan bakar yang kurang optimal, yang mengarah pada peningkatan emisi gas beracun seperti CO [8].



**Gambar 2.** Grafik Perbandingan Emisi CO



**Gambar 3.** Grafik Perbandingan Emisi HC (ppm)

Dari sisi emisi HC (Hidrokarbon), hasilnya juga menunjukkan perbedaan mencolok antara kedua sistem. Motor karburator menghasilkan HC sebesar 190 mg/Km, hampir dua kali lipat lebih banyak dibandingkan dengan motor injeksi yang hanya menghasilkan 95 mg/Km. Emisi HC yang tinggi pada sistem karburator merupakan indikasi bahwa pembakaran tidak sepenuhnya sempurna, yang bisa disebabkan oleh ketidaksempurnaan dalam pencampuran udara dan bahan bakar yang terjadi pada sistem karburator[9].

Standar emisi Euro 3 yang diterapkan pada data NAB menunjukkan emisi CO sebesar 1.0 g/Km dan HC sebesar 200 mg/Km. Hal ini menandakan bahwa meskipun motor dengan sistem injeksi memiliki tingkat emisi CO dan HC yang lebih rendah dibandingkan dengan karburator, namun masih terdapat potensi untuk lebih memperbaiki emisi CO<sub>2</sub> dengan mengikuti standar emisi yang lebih ketat seperti Euro 3. Penting untuk dicatat bahwa meskipun motor injeksi lebih efisien dalam mengurangi emisi CO dan HC, motor ini masih menghasilkan CO<sub>2</sub> dalam jumlah yang cukup signifikan. Hal ini sejalan dengan temuan dalam penelitian oleh[10], yang menunjukkan bahwa meskipun motor injeksi lebih baik dalam hal pengendalian CO dan HC, emisi CO<sub>2</sub> tetap menjadi tantangan utama dalam perancangan motor yang ramah lingkungan. Dari analisis ini, dapat disimpulkan bahwa meskipun motor injeksi memiliki keunggulan dalam mengurangi emisi CO dan HC, sistem karburator masih menghasilkan emisi yang lebih tinggi dalam kedua indikator tersebut. Ini menunjukkan pentingnya penelitian lebih lanjut dalam hal peningkatan efisiensi pembakaran pada motor dengan sistem injeksi untuk menurunkan emisi CO<sub>2</sub> tanpa mengorbankan performa mesin. Meskipun sistem injeksi lebih canggih dan modern, tantangan untuk menurunkan emisi gas rumah kaca (seperti CO<sub>2</sub>) tetap menjadi fokus penting dalam penelitian kendaraan ramah lingkungan.

### 3.3. Pengaruh Umur Kendaraan terhadap Konsumsi dan Emisi

Analisis lanjutan dilakukan untuk mengetahui hubungan antara umur kendaraan dengan tingkat konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Hasilnya menunjukkan adanya korelasi positif antara usia kendaraan dengan konsumsi bahan bakar dan kadar emisi, terutama pada motor karburator. Semakin tua usia kendaraan, semakin tinggi konsumsi bahan bakarnya dan semakin besar emisi CO dan HC yang dihasilkan. Nilai koefisien korelasi Pearson untuk motor karburator adalah  $r = 0.62$  (konsumsi BBM terhadap usia) dan  $r = 0.69$  (CO terhadap usia), yang menunjukkan korelasi sedang hingga kuat.

Motor injeksi, walaupun juga menunjukkan kenaikan konsumsi dan emisi seiring bertambahnya usia, namun korelasinya lebih rendah ( $r < 0.4$ ). Hal ini menunjukkan bahwa sistem injeksi memiliki performa yang lebih stabil dan andal dalam menjaga efisiensi pembakaran, meskipun usia kendaraan bertambah.

### 3.4. Pembahasan dan Implikasi

Temuan dari penelitian ini mengonfirmasi bahwa sistem injeksi secara umum memberikan performa yang lebih baik dibandingkan karburator dalam hal konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang. Efisiensi yang lebih tinggi dan emisi yang lebih rendah menjadikan motor injeksi sebagai pilihan yang lebih ramah lingkungan untuk kebutuhan transportasi intensif seperti ojek *online* [11]. Oleh karena itu, penting bagi pihak kampus untuk mempertimbangkan transisi ke penggunaan motor berbasis injeksi dalam armada ojek *online* untuk mendukung upaya keberlanjutan lingkungan.

Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar pertimbangan bagi pengemudi ojek *online* untuk beralih ke motor injeksi guna menekan biaya operasional harian dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, pihak Universitas Lampung sebagai pengelola kawasan kampus dapat memanfaatkan temuan ini untuk merumuskan kebijakan transportasi kampus, seperti insentif untuk kendaraan rendah emisi, pembatasan kendaraan tua, atau bahkan penyediaan fasilitas khusus bagi armada ramah lingkungan yang mendukung penggunaan motor injeksi [12]. Dengan langkah-langkah tersebut, diharapkan dapat tercipta lingkungan kampus yang lebih bersih dan sehat, serta mengurangi jejak karbon dari aktivitas transportasi sehari-hari.

Penelitian ini juga menggarisbawahi pentingnya perawatan berkala kendaraan, terutama bagi motor karburator yang kinerjanya cenderung menurun lebih drastis seiring usia. Pemeriksaan sistem pembakaran, penggantian oli, serta penyetelan ulang karburator secara rutin dapat membantu menekan konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang yang berlebih [13]. Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat mengeksplorasi dampak lingkungan dari penggunaan motor berbasis injeksi dalam konteks layanan ojek *online* di kampus.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa sepeda motor yang menggunakan sistem injeksi lebih unggul dibandingkan dengan motor yang menggunakan karburator, baik dari segi efisiensi bahan bakar maupun dampak emisi gas buangnya. Motor injeksi terbukti lebih hemat dengan rata-rata konsumsi bahan bakar mencapai 45 km/liter, sedangkan motor karburator hanya 38 km/liter. Selain itu, emisi gas buang seperti karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) pada motor karburator tercatat lebih tinggi dan melampaui batas aman yang disarankan. Oleh karena itu, penggunaan motor injeksi lebih direkomendasikan untuk mendukung pengurangan konsumsi energi dan pencemaran lingkungan. Temuan ini penting bagi pengemudi ojek *online* dalam memilih kendaraan yang lebih ramah lingkungan, serta bagi pihak kampus dalam merumuskan kebijakan transportasi yang dapat menciptakan lingkungan kampus yang lebih hijau dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. C. Baskara, P. Pargito, R. Utami, and Z. Zulkarnain, “Spatial analysis of the suitability of *online* taxibike pickup points in Lampung University area,” vol. 1, no. 1, pp. 41–57, 2024, doi: 10.61511/jegeo.v1i1.2024.686.
- [2] M. C. Adriana, R. Situmorang, and B. J. Aji, “Exploring the transport mode choice of University students in Jakarta: A case study of Universitas Trisakti,” *Spatium*, pp. 20–29, 2023.
- [3] D. A. Poetra, B. H. Setiadji, and I. Ismiyati, “Analysis of Transportation Mode Choice for Commuting To Campus (Case Study: Undergraduate and Graduate Students of the Faculty of Engineering Muhammadiyah University of Yogyakarta),” *J. Tek. Sipil dan Perenc.*, vol. 27, no. 1, pp. 38–49, 2025, doi: 10.15294/jtsp.v27i1/16350.
- [4] I. Elfandy, T. Sugiarto, W. Purwanto, D. Setiawan, and H. Nasrullah, “Analisis Variasi Hole Injector Terhadap Konsumsi Bahan Bakar, Top Speed, Dan Emisi Gas Buang Sepeda Motor

Matic," *MSI Trans. Educ.*, vol. 4, no. 2, pp. 59–70, 2023.

- [5] M. N. Hifni, N. A. Mufarida, and K. Kosjoko, "Uji Efisiensi Bahan Bakar dan Performa Mesin pada Motor Sport 250 CC: Perbandingan Sistem Karburator dan Injeksi," *J. Penelit. Inov.*, vol. 5, no. 2, pp. 1827–1836, 2025.
- [6] F. HUMAMI, M. Julianti, and P. Rusmandani, "ANALISIS EMISI GAS BUANG KENDARAAN KOMERSIAL BERDASARKAN TIPE KARAKTERISTIK KENDARAAN BERMOTOR," *J. Permadi Perancangan, Manufaktur, Mater. dan Energi*, vol. 6, no. 01, pp. 48–59, 2024.
- [7] M. R. Saputra and N. Robbi, "Pengaruh Modifikasi Karburator Menjadi Injeksi terhadap Kinerja Mesin Pada Motor Klx 150," *Ring Mech. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 53–58, 2023.
- [8] A. Lutanto and M. B. R. Wijaya, "Performance and Emission Analysis of Motorcycles Using Pertalite-Methanol Fuel Blends," *Multidiscip. Innov. Res. Appl. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 31–43, 2025.
- [9] J. Alexander and E. Porpatham, "Carburetion and Port Fuel Injection Metering Strategies for Natural Gas Spark-Ignited Engine," in *National Conference on IC Engines and Combustion*, Springer, 2019, pp. 411–419.
- [10] R. Haider *et al.*, "COMPARISON OF EMISSIONS FROM PRE-EURO, EURO-II AND EURO-IV MOTORCYCLES AND CARS IN LAHORE," *Pak. J. Sci.*, vol. 76, no. 4, pp. 654–660, 2024.
- [11] W. Purwanto, T.-K. Liu, H. Maksum, A. Arif, M. Y. Setiawan, and M. Nasir, "The Fuel System Modification To Strengthen Achievement And The Prospect Of Utilizing Gasoline Ethanol Blended With Water Injection," *J. Appl. Eng. Technol. Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 802–812, 2024.
- [12] A. L. Padmadewi, U. H. Ramadhani, M. L. Edypoerwa, and B. Trisno, "Evaluating the Impact of Electric Vehicles on Emission Reduction in Schools: A Case Study at SMP Darul Hikam Bandung," *Int. J. Educ. Manag. Innov.*, vol. 6, no. 1, pp. 61–71, 2025.
- [13] A. Pandey, R. K. Mishra, and G. Pandey, "Investigating exhaust emissions from in-use passenger cars: exploratory analysis and policy outlook," *J. Environ. Eng.*, vol. 148, no. 7, p. 4022035, 2022.



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC-BY).