



## Analisis Kombinasi Busi Platinum, Pengapian +2°, dan *Water Injection* terhadap Efisiensi Pembakaran dan Ketahanan Mesin Sepeda Motor Empat Langkah

### *Analysis of Platinum Spark Plugs, +2° Ignition Timing, and Water Injection on Combustion Efficiency and Durability of Four-Stroke Motorcycle Engines*

Al Thoriq Viroza<sup>1\*</sup>, Wawan Purwanto<sup>1</sup>, Toto Sugiarto<sup>1</sup>, Ahmad Arif<sup>1</sup>, Ahmad Juanda<sup>1</sup>

#### Abstrak

Penggunaan sepeda motor di Indonesia terus meningkat, memicu dua masalah utama: keterbatasan bahan bakar fosil dan meningkatnya polusi udara. Penelitian sebelumnya banyak menyoroti dampak lingkungan, namun aspek ketahanan mesin belum dikaji secara mendalam. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kombinasi busi platinum, pengapian +2°, *biogasoline* E25, dan sistem *Water Injection* berbasis *ultrasonic mist maker* terhadap durabilitas mesin sepeda motor empat langkah. Metode eksperimen dilakukan dengan membandingkan kondisi standar (pertalite) dan perlakuan kombinasi selama 110 jam operasional. Hasil penelitian menunjukkan penurunan signifikan massa deposit karbon dari 680 mg menjadi 260 mg serta volume dari 378 mm<sup>3</sup> menjadi 144 mm<sup>3</sup>, atau pengurangan lebih dari 61%. Temuan ini membuktikan bahwa kombinasi *biogasoline* dan *Water Injection* tidak hanya mengurangi pembentukan deposit karbon, tetapi juga berpotensi memperpanjang usia pakai mesin serta mendukung teknologi transportasi ramah lingkungan.

#### Kata Kunci

*biogasoline* E25, *Water Injection*, *durability* mesin, deposit karbon, sepeda motor empat langkah

#### Abstract

*The rapid increase in motorcycle use in Indonesia has created two major challenges: fossil fuel depletion and rising air pollution. While previous studies mainly focused on environmental impacts, engine durability remains underexplored. This study aims to evaluate the effects of combining platinum spark plugs, +2° ignition timing, E25 biogasoline, and a Water Injection system using an ultrasonic mist maker on the durability of four-stroke motorcycle engines. An experimental method was conducted by comparing standard conditions (pertalite) with the combined treatment over 110 hours of operation. Results indicated a significant reduction in carbon deposits, with mass decreasing from 680 mg to 260 mg and volume from 378 mm<sup>3</sup> to 144 mm<sup>3</sup>, representing a reduction of over 61%. These findings highlight that the integration of biogasoline and Water Injection not only reduces carbon deposit formation but also extends engine lifespan and supports environmentally friendly transportation technologies.*

#### Keywords

*E25 biogasoline, Water Injection, engine durability, carbon deposit, four-stroke motorcycle*

<sup>1</sup> Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
Jln. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar, Padang Sumatera Barat, Indonesia

[\\*toriqtoriq22@gmail.com](mailto:*toriqtoriq22@gmail.com)

Dikirimkan: 25 Juli 2025. Diterima: 20 Agustus 2025. Diterbitkan: 29 Januari 2026.



## PENDAHULUAN

Pencemaran udara merupakan salah satu permasalahan lingkungan serius di kawasan urban, yang berdampak buruk terhadap kesehatan dan kualitas hidup masyarakat. Emisi gas buang kendaraan bermotor, khususnya sepeda motor, menjadi salah satu penyumbang utama polusi udara dan emisi gas rumah kaca [1][2]. Sepeda motor menjadi pilihan transportasi utama masyarakat karena lebih ekonomis, praktis untuk menembus kemacetan, serta membutuhkan ruang parkir yang relatif kecil. Tingginya mobilitas dan harga yang terjangkau mendorong peningkatan produksi serta jumlah sepeda motor di Indonesia, bahkan hingga kalangan ekonomi bawah [3]. Minat terhadap sepeda motor tidak hanya terbatas pada kelompok usia muda, tetapi juga meluas pada kelompok dewasa dan lanjut usia [4]. Akibatnya, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia terus meningkat setiap tahun, termasuk pada 2023 [5].

Selanjutnya, peningkatan jumlah kendaraan bermotor membawa implikasi serius berupa potensi kelangkaan bahan bakar fosil dan peningkatan polusi akibat emisi gas buang. Untuk menjawab tantangan tersebut, penelitian mengenai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan menjadi sangat penting. Salah satu solusi potensial adalah penggunaan campuran etanol-gasoline (biogasoline) yang dikombinasikan dengan teknologi *Water Injection*. Emisi gas buang diketahui memiliki berbagai dampak negatif terhadap kesehatan, seperti iritasi tenggorokan, batuk, hingga risiko hipertensi [6].

Teknik *Water Injection* digunakan untuk meningkatkan efisiensi pembakaran dan menurunkan suhu ruang bakar. Dengan penyemprotan air ke dalam ruang bakar, suhu dapat dikendalikan sehingga menekan pembentukan NO<sub>x</sub> sekaligus meningkatkan efisiensi termal [7]. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa *Water Injection* dapat meningkatkan efisiensi termal mesin dan mengurangi emisi gas buang [8]. Kekurangan oksigen dalam pembakaran menyebabkan pembakaran tidak sempurna, menghasilkan emisi berlebih, penurunan torsi dan daya, serta meningkatkan risiko knocking dan detonasi yang berpotensi merusak komponen mesin [9].

Penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan *Water Injection* dengan berbagai fokus. Misalnya, penelitian [10] merancang sistem *Water Injection* berbasis mikrokontroler pada sepeda motor Megapro 2009 dan menemukan pengaruh signifikan terhadap konsumsi bahan bakar serta emisi CO dan HC. Sementara itu, penelitian terdahulu juga melaporkan bahwa pemasangan *Water Injection* pada sepeda motor injeksi empat langkah memengaruhi performa mesin: daya turun sebesar 1,74% (0,9 kW), torsi naik 1 N·m, torsi turun -0,25% (0,19 N·m) dengan bahan bakar pertamax, serta konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) naik 11,9%. Dari temuan ini dapat disimpulkan bahwa *Water Injection* lebih berpengaruh positif terhadap pengurangan emisi gas buang.

Penelitian lain menggunakan metode Taguchi untuk mengoptimasi cairan *Water Injection*. Hasilnya menunjukkan kombinasi optimal berupa biogasoline E15, cairan limbah air AC, sudut pengapian +2°, dan busi platinum, yang mampu menekan emisi gas buang lebih efektif [11]. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa kombinasi bensin-etanol serta *Water Injection* berdampak positif pada torsi, daya, emisi, konsumsi bahan bakar, serta perlindungan anti-korosi komponen ruang bakar [12]. Namun, penelitian-penelitian tersebut belum banyak mengkaji aspek ketahanan mesin akibat penggunaan *Water Injection* dan bahan bakar campuran etanol, padahal aspek ini sangat penting.

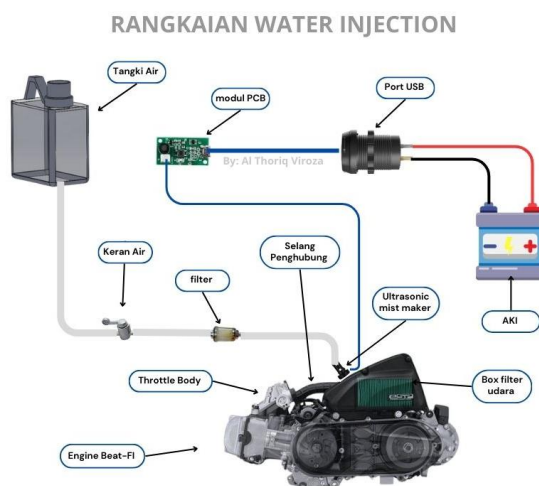
Berdasarkan uraian permasalahan tersebut maka penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh kombinasi biogasoline dan *Water Injection* terhadap pembentukan deposit karbon (kerak) pada ruang bakar serta ketahanan komponen mesin selama penggunaan jangka menengah. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan teknologi ramah lingkungan yang tetap menjaga performa dan durabilitas mesin.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menguji durabilitas sepeda motor [13][14][15]. Dua kelompok perlakuan digunakan, yaitu: (1) kelompok kontrol yang menggunakan bahan bakar pertalite tanpa modifikasi, dan (2) kelompok perlakuan dengan kombinasi busi platinum, derajat pengapian  $+2^\circ$  (dari standar  $5^\circ$  menjadi  $7^\circ$ ), bahan bakar biogasoline E25 (campuran bensin dengan 25% etanol), serta sistem *Water Injection* berbasis *ultrasonic mist maker*.

Penelitian melibatkan tiga jenis variabel. Variabel independen terdiri atas penggunaan *Water Injection* dengan cairan limbah air AC melalui *intake manifold*, busi platinum dengan elektroda tengah berbahan platinum, bahan bakar biogasoline E25, serta derajat pengapian yang dimajukan. Variabel dependen berupa variasi dan jumlah deposit karbon pada ruang bakar, yang diamati untuk mengetahui pengaruh dari variabel independen. Variabel kontrol adalah lama waktu pengujian ketahanan, yang ditetapkan selama 20, 40, dan 50 jam, untuk menjamin konsistensi hasil dan mengendalikan faktor eksternal.

Objek penelitian adalah sepeda motor Honda Beat FI tahun 2015. Pengujian dilakukan di Workshop Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang pada Juli 2025. Sepeda motor dioperasikan selama total 110 jam dengan durasi 8–10 jam per hari. Pengamatan dilakukan pada jam ke-20 dan 40 melalui dokumentasi fotografi ruang bakar, sedangkan pada jam ke-50 dilakukan pengikisan deposit karbon untuk penimbangan berat menggunakan timbangan digital [16]. Instrumen penelitian meliputi *mist maker*, tangki cairan *Water Injection*, thermocouple, laptop, serta timbangan digital presisi, rangkaian *Water Injection* dapat terlihat pada Gambar 1. Analisis data dilakukan berdasarkan hasil dokumentasi fotografi dan pengukuran massa deposit karbon, kemudian dihitung volume partikulat material untuk menilai pengaruh perlakuan terhadap ketahanan mesin [17].



Gambar 1. Rangkaian *Water Injection*

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

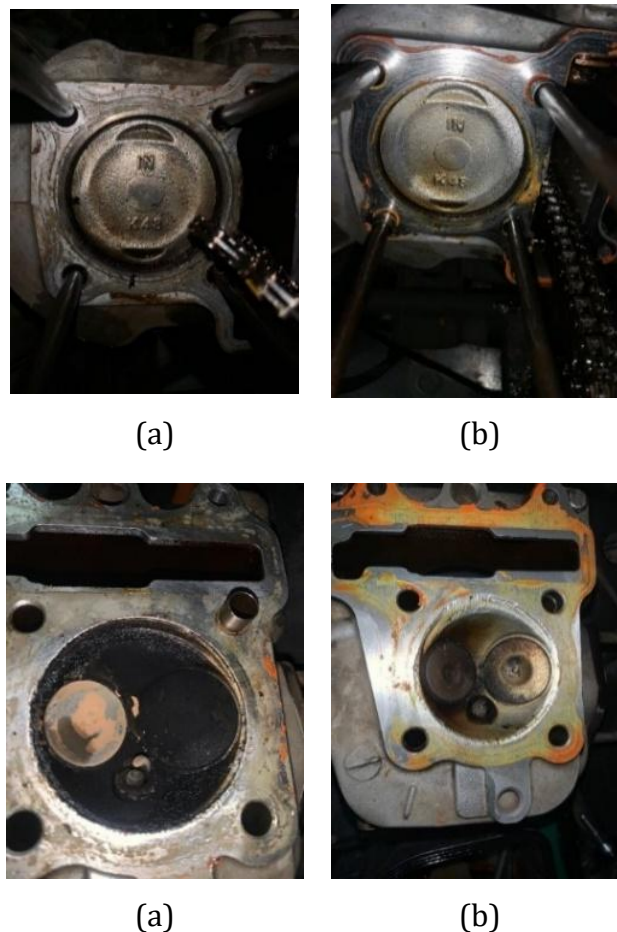
Penelitian *durability* dilaksanakan di Workshop Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang pada periode Mei–Juli 2025 dengan menggunakan dua kelompok uji untuk membandingkan pembentukan deposit karbon. Kelompok pertama merupakan kondisi standar dengan bahan bakar pertalite, sedangkan kelompok kedua menggunakan kombinasi *Water Injection*, biogasoline E25, busi platinum, dan pengaturan

derajat pengapian  $+2^\circ$ . Uji ketahanan dilakukan dalam interval 20, 40, dan 50 jam dengan estimasi penggunaan 8–10 jam per hari pada masing-masing kelompok uji [16].

Hasil pengujian setelah total 110 jam menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada pembentukan deposit karbon. Kelompok standar menghasilkan massa deposit karbon sebesar 680 mg dengan volume  $378 \text{ mm}^3$ , sedangkan kelompok perlakuan hanya menghasilkan 260 mg dengan volume  $144 \text{ mm}^3$ . Berdasarkan perhitungan menggunakan densitas konservatif  $1,8 \text{ g/cm}^3$ , kombinasi biogasoline dan *Water Injection* terbukti mampu menurunkan pembentukan deposit karbon hingga 61,76% dibandingkan kondisi standar. Temuan ini menegaskan bahwa penerapan teknologi tersebut berpotensi meningkatkan durabilitas mesin sekaligus efisiensi pembakaran.

### Perlakuan 20 jam

Dokumentasi visual pada [Gambar 2](#) menunjukkan perbedaan yang mulai tampak setelah 20 jam pengujian. Pada kelompok standar, permukaan ruang bakar telah terlihat adanya deposit tipis dengan warna kepala piston yang mulai menguning. Sebaliknya, kelompok perlakuan masih menunjukkan kondisi yang relatif bersih dan menyerupai kondisi awal, dengan permukaan ruang bakar yang lebih terjaga.

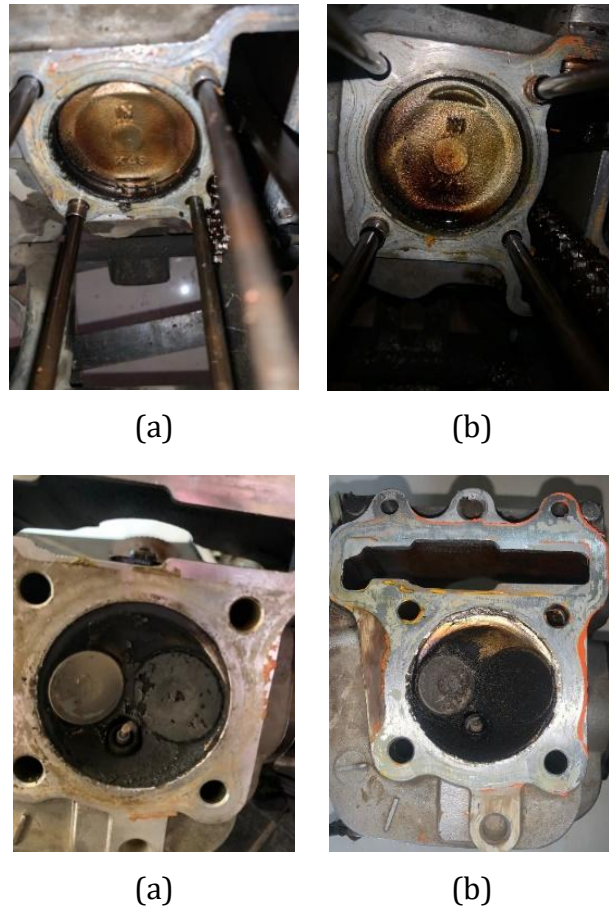


**Gambar 2.** Kondisi *engine* setelah 20 jam perlakuan (a) Piston standar (b) Piston Wa-i (c) Ruang bakar standar (d) Ruang bakar Wa-i

### Perlakuan 40 jam

Perbedaan semakin jelas pada pengujian 40 jam sebagaimana ditampilkan pada [Gambar 3](#). Kelompok standar menunjukkan ruang bakar yang mulai menghitam dengan penumpukan deposit di area sekitar katup kering. Sementara itu, kelompok perlakuan masih

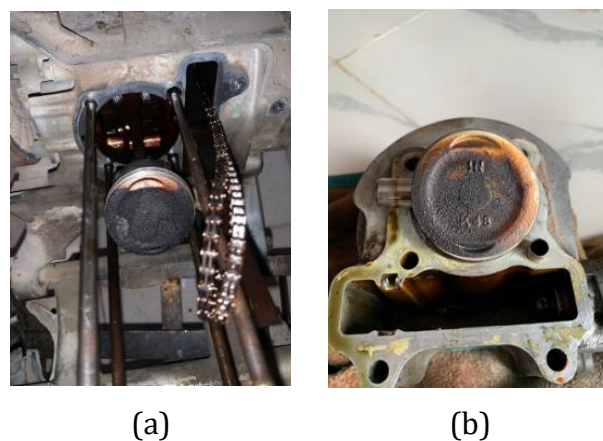
memperlihatkan deposit yang terkendali dengan distribusi yang merata dan ketebalan relatif tipis.

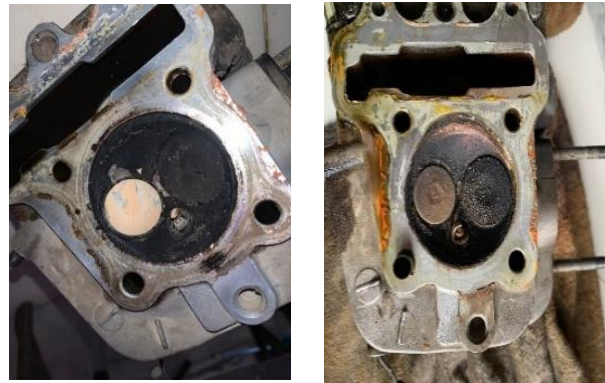


**Gambar 3.** Kondisi *engine* setelah 40 jam perlakuan (a) Piston standar (b) Piston Wa-i (c) Ruang bakar standar (d) Ruang bakar Wa-i

### Perlakuan 50 jam

Hasil pengujian 50 jam pada [Gambar 4](#) menunjukkan penumpukan deposit karbon yang cukup tebal pada kelompok standar, hingga menutupi hampir seluruh permukaan ruang bakar dan kepala piston. Sebaliknya, pada kelompok perlakuan, meskipun deposit mulai terbentuk, tingkatannya masih berada dalam batas yang dapat diterima. Permukaan ruang bakar tetap relatif lebih bersih dengan karakteristik permukaan yang cenderung basah.





(a)

(b)

**Gambar 4.** Kondisi *engine* setelah 50 jam perlakuan (a) Piston standar (b) Piston Wa-i (c) Ruang bakar standar (d) Ruang bakar Wa-i

### Pengukuran Massa dan Volume Deposit Karbon

Analisis kuantitatif deposit karbon dilakukan dengan mengukur massa deposit hasil pengikisan ruang bakar menggunakan timbangan digital, kemudian menghitung volume deposit berdasarkan pendekatan densitas konservatif  $\rho = 1,8 \text{ g/cm}^3$ . Perhitungan dilakukan dengan rumus:

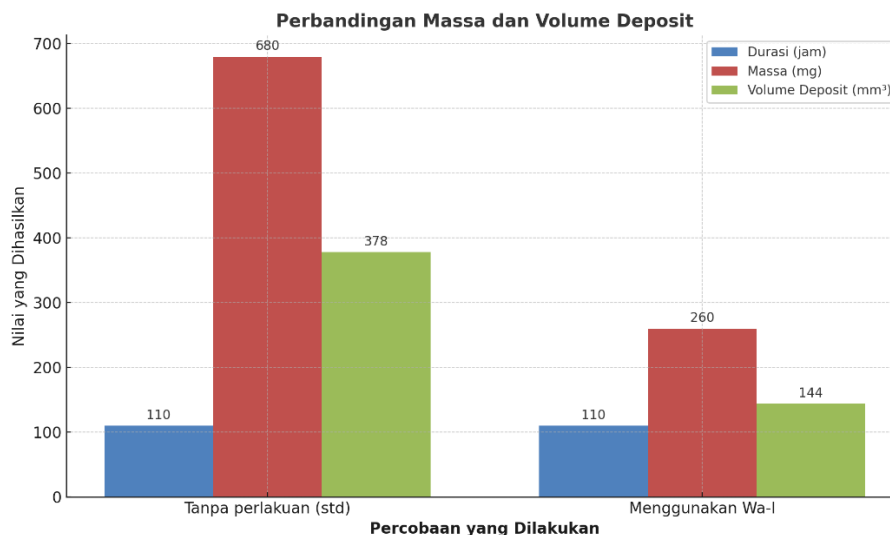
$$\text{Volume} = \frac{\text{massa}}{\text{massa jenis}(\rho)} \quad (1)$$

dengan  $V$  adalah volume deposit ( $\text{cm}^3$ ),  $m$  adalah massa deposit (g), dan  $\rho$  adalah massa jenis karbon.

Berdasarkan data yang ditampilkan pada [Tabel 1](#), massa deposit setelah 110 jam pengujian pada kelompok tanpa perlakuan tercatat sebesar 680 mg atau 0,680 g. Berdasarkan perhitungan, diperoleh volume deposit  $0,378 \text{ cm}^3$  atau  $378 \text{ mm}^3$ . Sebaliknya, kelompok dengan perlakuan *Water Injection* (Wa-i) hanya menghasilkan massa deposit 260 mg atau 0,260 g, dengan volume  $0,144 \text{ cm}^3$  atau  $144 \text{ mm}^3$ . Data ini menunjukkan bahwa penerapan kombinasi biogasoline E25 dan *Water Injection* berbasis *mist maker* mampu menurunkan pembentukan deposit karbon sebesar 61,76% dibandingkan kondisi standar. Hasil tersebut mengonfirmasi bahwa perlakuan ini efektif dalam memperlambat akumulasi material partikulat pada ruang bakar, sehingga berpotensi meningkatkan durabilitas mesin sekaligus efisiensi pembakaran.

**Tabel 1.** Perbandingan Massa dan Volume

Perlakuan	Durasi (jam)	Massa (mg)	Volume ( $\text{mm}^3$ )
Tanpa Perlakuan	110	680	378
Perlakuan (Wa-i)	110	260	144



**Gambar 5.** Perbandingan massa dan volume deposit kerak

**Gambar 5** memperlihatkan perbandingan massa dan volume deposit karbon pada ruang bakar antara kelompok tanpa perlakuan (*standar*) dan kelompok dengan perlakuan *Water Injection* (Wa-i) setelah 110 jam pengujian. Pada kondisi standar, massa deposit yang terbentuk mencapai 680 mg dengan volume 378 mm<sup>3</sup>, sedangkan pada kelompok perlakuan, massa deposit hanya sebesar 260 mg dengan volume 144 mm<sup>3</sup>. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan *Water Injection* mampu menurunkan massa deposit karbon sebesar 61,76% dibandingkan kondisi standar.

Temuan ini mengindikasikan bahwa kombinasi *biogasoline* dan *Water Injection* efektif dalam mengurangi akumulasi karbon pada ruang bakar. Penurunan deposit yang signifikan tidak hanya berimplikasi pada meningkatnya *durability* komponen mesin, tetapi juga berkontribusi terhadap efisiensi pembakaran yang lebih baik serta potensi penurunan emisi gas buang. Dengan demikian, hasil pengujian pada **Gambar 5** memperkuat bukti empiris bahwa penerapan teknologi *Water Injection* layak dijadikan solusi alternatif ramah lingkungan sekaligus menjaga performa mesin dalam jangka panjang.

## Pembahasan

Penelitian ini menunjukkan perbedaan yang signifikan antara penggunaan bahan bakar standar (pertalite) dengan kombinasi *biogasoline* dan *Water Injection* dalam memengaruhi pembentukan deposit karbon pada ruang bakar sepeda motor Beat FI. Pada interval 20 jam, kelompok uji standar sudah memperlihatkan timbunan deposit tipis pada permukaan ruang bakar dan perubahan warna keemasan pada kepala piston. Sebaliknya, kelompok uji dengan perlakuan masih mempertahankan kondisi yang relatif bersih, menunjukkan efektivitas awal kombinasi perlakuan dalam menekan pembentukan deposit.

Pada pengujian 40 jam, perbedaan antar kelompok semakin jelas. Kelompok standar mengalami penghitaman ruang bakar disertai penumpukan deposit yang lebih tebal, terutama pada area katup kering. Sebaliknya, kelompok perlakuan masih menunjukkan deposit terkendali dengan distribusi tipis dan merata. Hal ini menandakan bahwa *Water Injection* berperan dalam menurunkan suhu pembakaran sehingga memperlambat laju pembentukan partikel karbon.

Setelah 50 jam, perbedaan mencapai titik paling signifikan. Kelompok standar menghasilkan deposit karbon tebal yang menutupi hampir seluruh permukaan kepala piston dan ruang bakar, sedangkan kelompok perlakuan tetap menunjukkan akumulasi deposit pada

tingkat yang masih dapat diterima. Data kuantitatif pada [Tabel 1](#) dan [Gambar 5](#) memperkuat temuan ini, di mana kelompok standar menghasilkan massa deposit 680 mg dengan volume 378 mm<sup>3</sup>, sementara kelompok perlakuan hanya 260 mg dengan volume 144 mm<sup>3</sup>. Perhitungan berbasis densitas konservatif ( $\rho = 1,8 \text{ g/cm}^3$ ) menunjukkan bahwa penggunaan *biogasoline* dengan *Water Injection* mampu menurunkan pembentukan deposit hingga 61,76% dibanding kondisi standar.

Meskipun demikian, terdapat beberapa keterbatasan dalam penggunaan *Water Injection*. Aktivasi lebih dari dua menit cenderung menyebabkan masalah operasional berupa *knocking*, ketidakstabilan *idle*, dan *engine misfire*. Bahkan, kecepatan puncak kendaraan menurun dari 80 km/jam pada kondisi standar menjadi 60 km/jam ketika *Water Injection* aktif, yang mengindikasikan adanya gangguan pada *air-fuel ratio* (AFR) sehingga pembakaran menjadi kurang sempurna. Hal ini menunjukkan bahwa durasi penggunaan *Water Injection* harus dibatasi, idealnya hanya digunakan secara *intermiten*, misalnya sebelum kendaraan menghadapi beban berat seperti tanjakan.

Implikasi dari temuan ini penting bagi industri otomotif. Pertama, kombinasi *biogasoline* dan *Water Injection* terbukti dapat menekan pertumbuhan deposit karbon sekaligus mengurangi risiko korosi pada komponen logam ruang bakar akibat paparan suhu tinggi dan senyawa kimia hasil pembakaran. Kedua, strategi ini berpotensi memperpanjang umur pakai mesin (*durability*), menekan biaya perawatan, serta meningkatkan efisiensi pembakaran yang berdampak pada pengurangan emisi gas buang. Ketiga, hasil ini memperkaya literatur terkait adopsi teknologi *Water Injection* dalam konteks kendaraan bermotor, sekaligus memperkuat arah pengembangan bahan bakar alternatif ramah lingkungan dan berkelanjutan [12][18][19][20].

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Kombinasi penggunaan *biogasoline* E25 dan sistem *Water Injection* terbukti efektif dalam menekan pembentukan deposit karbon pada mesin sepeda motor dibandingkan penggunaan bahan bakar pertalite konvensional. Hasil uji selama 50 jam operasi menunjukkan penurunan massa deposit karbon sebesar 61,76% (dari 680 mg menjadi 260 mg) dan penurunan volume sebesar 61,90% (dari 378 mm<sup>3</sup> menjadi 144 mm<sup>3</sup>). Perlakuan ini juga mampu menjaga stabilitas suhu mesin pada rentang 65–75 °C, lebih rendah dibanding kelompok standar yang mencapai 82–87 °C, sekaligus menghasilkan ruang bakar yang lebih bersih secara visual. Temuan ini menegaskan bahwa penerapan *biogasoline* dan *Water Injection* tidak hanya meningkatkan efisiensi pembakaran, tetapi juga berpotensi memperpanjang durabilitas mesin. Namun demikian, masih terdapat keterbatasan berupa ketidakstabilan mesin saat *idle*, kesulitan *starting* pada kondisi dingin, serta keterbatasan durasi operasi *Water Injection*. Oleh karena itu, pengembangan sistem kontrol yang lebih adaptif diperlukan untuk mengoptimalkan kinerja teknologi ini.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pengembangan lebih lanjut perlu diarahkan pada perancangan sistem kontrol elektronik berbasis *Arduino* atau mikrokontroler serupa untuk mengatur aliran *Water Injection* secara otomatis sesuai dengan suhu mesin dan kebutuhan beban kerja, sehingga permasalahan *knocking* dan ketidakstabilan dapat diminimalisasi. Pemanfaatan limbah air AC sebagai sumber cairan injeksi direkomendasikan karena ekonomis sekaligus ramah lingkungan. Selain itu, penelitian lanjutan perlu memperluas ruang lingkup evaluasi hingga mencakup pengaruh teknologi ini terhadap ketahanan komponen mesin lain, seperti sistem katup, mekanisme pelumasan, dan sistem pembuangan (*exhaust system*). Pendekatan ini diharapkan tidak hanya meningkatkan performa dan efisiensi mesin, tetapi juga

memperkuat kontribusi terhadap pengembangan teknologi transportasi yang berkelanjutan dan rendah emisi.

#### DAFTAR RUJUKAN

- [1] L. Naizabayeva, D. Zaitov, and N. Seilova, "Integrating Smart Traffic Systems with Real-Time Air Quality Monitoring to Minimize Emissions and Improve Urban Health," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 251, pp. 603–608, 2024, doi: 10.1016/j.procs.2024.11.156.
- [2] D. Fernandez, A. Frinaldi, G. Umar, R. Rembrandt, D. Lanin, and A. Juanda, "Monitoring CO Pollutants in Ambient Air Quality in Public Spaces of Padang City," *J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 175–188, 2025.
- [3] B. Muslim, G. Dahliati, S. Suksmemri, A. Irfan, S. L. Adriyanti, and E. Sugriarta, "Hubungan Jumlah Kendaraan Bermotor Dengan Kadar Karbon Monoksida (CO) Di Udara Pada Jalan Depan Pasar Bandar Buat Kota Padang," *Sulolipu Media Komun. Sivitas Akad. dan Masy.*, vol. 24, no. 2, pp. 290–295, 2024, doi: 10.32382/sulo.v24i2.888.
- [4] N. N. Bagaskara and Ngatno, "Pengaruh Brand Image Dan Harga Terhadap Keputusan Pembelian Sepeda Motor Honda Scoopy Dengan Minat Beli Sebagai Variabel Intervening," *J. Ilmu Adm. Bisnis*, vol. 10, no. 1, pp. 726–735, 2021, doi: 10.14710/jiab.2021.29765.
- [5] B. P. S. Indonesia, *Statistik Indonesi*. 2023. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html>
- [6] Y. Primasanti and A. Aryani, "Analisis Asap dan Gas Buang Bus Bagi Kesehatan Petugas Ticketing Halte," *JIKI*, vol. 15, no. 2, pp. 61–69, 2022, doi: 10.31857/s013116462104007x.
- [7] M. Noval and F. Abdullah, "Optimasi Penerapan *Water Injection* System terhadap Kinerja *Engine* Sepeda Motor 4 Langkah Honda CB 100 cc," *J. Inkofar*, vol. 9, no. 1, pp. 235–247, 2025.
- [8] J. Marbun and D. Dahlan, "Analisis Sistem Injeksi Air/Metanol Dan Air/Etanol Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas buang," *J. Tek. Mesin ITI*, vol. 5, no. 1, pp. 109–115, 2020, doi: 10.31543/jtm.v4i3.518.
- [9] T. Zulfadli and M. Yusuf, "Kaji Efisiensi Pemanfaatan Energi Bahan Bakar Untuk Kasus Perebusan Air," *J. Ilm. Tek. Unida*, vol. 1, no. 1, pp. 25–35, 2020, doi: 10.55616/jitu.v1i1.153.
- [10] R. W. Zatmiko, "Rancang Bangun *Water Injection* Berbasis Mikrokontroler Serta Pengaruhnya Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang (Co & Hc) Pada Sepeda Motor Honda Mega Pro Tahun 2009," 2014. [Online]. Available: <https://digilib.uns.ac.id/dokumen/detail/42356>
- [11] Herlando, W. Purwanto, M. Y. Setiawan, and M. Milana, "Optimization of *Water Injection* Fluid in Reducing Motorcycle Exhaust Emissions with the Taguchi Method," *J. Teknol. dan Pendidik. Vokasi Indones.*, vol. 02, no. 01, pp. 101–108, 2024, [Online]. Available: <https://doi.org/10.24036/jtpvi.v2i1.143>
- [12] L. M. Baena, F. A. Vásquez, and J. A. Calderón, "Corrosion assessment of metals in bioethanol-gasoline blends using electrochemical impedance spectroscopy," *Heliyon*, vol. 7, no. 3, pp. 1–9, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07585.
- [13] R. P. Basuki and I. G. E. Lesmana, "Analisa Pengaruh Variasi Waktu Pengapian untuk Bahan Bakar Pertalite, Pertamax, dan Pertamax Turbo terhadap Kinerja Motor Honda Beat dengan Metode Eksperimental," *Pros. Semin. Nas. Tek. Mesin Politek. Negeri Jakarta*, pp. 77–86, 2019, [Online]. Available: <http://semnas.mesin.pnj.ac.id>
- [14] M. Syahbana *et al.*, "Pengaruh Penambahan Bioaditif Minyak Atsiri Pada Bahan Bakar Biosolar Terhadap Kinerja Mesin Diesel," *J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 32, no. 1, pp. 65–73, 2022, doi: 10.24961/j.tek.ind.pert.2022.32.1.65.

- [15] D. Darman, L. O. I. S. Yunus, and A. F. Ibrahim, "Pengaruh Campuran Alkohol Dan Pertalite Terhadap Performa Mesin Sebagai Studi Pengembangan Bahan Bakar Alternatif," *Pros. Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, vol. 14, no. 1, pp. 296–300, 2025, doi: 10.36499/psnst.v13i1.12009.
- [16] M. T. Suryantoro, B. Sugiarto, and F. Mulyadi, "Growth and characterization of deposits in the combustion chamber of a diesel *engine* fueled with B50 and Indonesian biodiesel fuel (IBF)," *Biofuel Res. J.*, vol. 3, no. 4, pp. 521–527, 2016, doi: 10.18331/BRJ2016.3.4.6.
- [17] J. A. Hidayat and B. Sugiarto, "Tinjauan tentang pengaruh campuran biodiesel terhadap pertumbuhan deposit di ruang bakar," *AIP Publ.*, vol. 2230, no. 1, pp. 050002-1-050002–8, 2020, doi: <https://doi.org/10.1063/5.0006900>.
- [18] I. P. Okokpujie, A. O. Ojo, B. A. Adaramola, M. Oladimeji, R. I. Ogundele, and C. J. Abiodun, "Study of Corrosion, Wear, and Thermal Analysis of Materials for Internal Combustion *Engines* and their Compatibility: A Review," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 1322, no. 1, pp. 1–20, 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1322/1/012007.
- [19] W. Purwanto *et al.*, "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, doi: 10.37385/jaets.v5i2.3249.
- [20] R. S. Frazier, "Ethanol Gasoline Blends and Small *Engines*".