



Analisis Ketahanan Mesin Sepeda Motor Empat Langkah dengan ECU Juken BRT dan Busi Iridium pada Bahan Bakar Bioetanol

Durability Analysis of Four-Stroke Motorcycle Engines Using Juken BRT ECU and Iridium Spark Plugs with Bioethanol Fuel

Arya Adhi Pratama¹, Wawan Purwanto^{1*}, Toto Sugiarto¹, Hendra Dani Saputra¹

Abstrak

Tingginya ketergantungan pada bahan bakar fosil di Indonesia mendorong eksplorasi energi alternatif yang lebih ramah lingkungan, salah satunya adalah bioetanol. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan *ECU programmable* dan busi iridium dengan campuran bioetanol 30% dan pertalite 70% terhadap *durability* mesin sepeda motor empat langkah. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan tiga perlakuan: standar (tanpa modifikasi), perlakuan 1 (*injection timing* 350°, *ignition timing* 5°), dan perlakuan 2 (*injection timing* 350°, *ignition timing* 9°). Uji *durability* dilakukan selama 20, 40, dan 50 jam. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan 2 menghasilkan deposit karbon paling rendah, yakni 150 mg dengan volume 83 mm³, dibandingkan perlakuan standar sebesar 680 mg dan 378 mm³. Temuan ini menegaskan bahwa optimasi sistem pengapian dan pencampuran bahan bakar bioetanol mampu mengurangi pembentukan kerak karbon, meningkatkan efisiensi pembakaran, serta memperpanjang usia mesin.

Kata Kunci

bioetanol, ECU programmable, busi iridium, *durability* mesin, deposit karbon

Abstract

The heavy reliance on fossil fuels in Indonesia has accelerated the search for renewable and eco-friendly alternatives, such as bioethanol. This study aims to analyze the effect of using a programmable ECU and iridium spark plug with a 30% bioethanol–70% Pertalite fuel blend on the durability of four-stroke motorcycle engines. An experimental method was applied with three treatments: standard (no modification), treatment 1 (350° injection timing, 5° ignition timing), and treatment 2 (350° injection timing, 9° ignition timing). Durability tests were conducted for 20, 40, and 50 hours. The results indicate that treatment 2 produced the lowest carbon deposit, 150 mg with a volume of 83 mm³, compared to the standard treatment (680 mg and 378 mm³). These findings highlight that optimizing ignition timing and using bioethanol fuel blends can reduce carbon deposits, improve combustion efficiency, and extend engine lifespan.

Keywords

bioethanol, programmable ECU, iridium spark plug, engine durability, carbon deposit

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

*aryaadhi1508@gmail.com

Dikirimkan: 04 Agustus 2025. Diterima: 20 Agustus 2025. Diterbitkan: 22 Agustus 2025.

PENDAHULUAN

Ketergantungan pada bahan bakar fosil telah menjadi persoalan serius karena sifatnya yang terbatas, tidak dapat diperbarui, dan semakin menipis ketersediaannya. Kondisi ini mendorong berbagai upaya untuk mengembangkan sumber energi alternatif yang lebih berkelanjutan, salah satunya bioetanol. Bioetanol dapat digunakan sebagai aditif bahan bakar untuk meningkatkan efisiensi pembakaran. Campuran etanol dengan pertalite terbukti mampu menaikkan angka oktan dan kinerja mesin, namun berpotensi menimbulkan dampak negatif pada komponen mesin jika tidak disesuaikan dengan spesifikasi kendaraan. Salah satu solusi yang ditawarkan adalah penggunaan *ECU programmable* yang memungkinkan pengaturan ulang waktu injeksi dan pengapian sehingga proses pembakaran menjadi lebih efisien [1].

Selain itu, pemilihan jenis busi turut memengaruhi kualitas pembakaran dan masa pakai mesin. Busi iridium dinilai lebih unggul dibanding busi konvensional karena menghasilkan percikan api yang lebih stabil, meningkatkan efisiensi pembakaran, serta mengurangi akumulasi deposit karbon pada ruang bakar. Akumulasi karbon berlebih dapat memicu *knocking*, peningkatan suhu yang ekstrem, dan menurunkan ketahanan mesin [2].

Studi-studi sebelumnya melaporkan hasil yang positif melalui kombinasi pengaturan ulang *timing* injeksi, pengapian, penggunaan busi iridium, dan campuran bioetanol. Modifikasi *timing* injeksi dari 360° menjadi 350° dengan pengapian 5° serta campuran etanol 30% menghasilkan penurunan emisi karbon monoksida (CO), sedangkan pengaturan pengapian 9° dengan kondisi serupa lebih efektif dalam menurunkan emisi hidrokarbon (HC) [3]. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini diarahkan untuk mengkaji pengaruh kombinasi *ECU programmable*, busi iridium, dan bioetanol terhadap ketahanan mesin sepeda motor empat langkah.

Dalam konteks ini, *durability* atau durabilitas didefinisikan sebagai daya tahan mesin terhadap berbagai faktor yang dapat menyebabkan kerusakan. Faktor eksternal meliputi periode servis, jarak tempuh, dan pola penggunaan, sedangkan faktor internal mencakup usia mesin, kualitas bahan bakar, oli, serta material penyusunnya [4]. Salah satu indikator utama durabilitas mesin adalah terbentuknya partikulat material atau kerak karbon di ruang bakar. Kerak karbon dapat berupa *soot* (endapan lunak yang mudah dibersihkan) maupun *varnish* dan *coke* (endapan keras yang sulit dihilangkan). Endapan karbon di ruang bakar atau *combustion chamber deposits* dapat memicu berbagai gangguan kinerja mesin [5].

Peran *ECU programmable* menjadi sangat penting dalam mengoptimalkan sistem pembakaran. Melalui proses *remapping*, ECU dapat menyesuaikan waktu penginjeksian dan pengapian agar sesuai dengan kebutuhan mesin, baik untuk penggunaan harian maupun kompetisi. ECU mengontrol kerja sensor dan aktuator kendaraan, dan konfigurasi optimal ditentukan berdasarkan variabel rasio bahan bakar-udara, kadar etanol dalam bensin, serta pengaturan waktu pengapian dan injeksi untuk mencegah terjadinya *misfire* [6][7][8].

Bahan bakar sendiri merupakan material yang menyimpan energi panas dan dilepaskan melalui proses pembakaran. Di Indonesia, bahan bakar dengan RON 90 adalah pertalite, yang sesuai untuk mesin berkompresi 9:1 hingga 10:1 [9][10]. Sementara itu, etanol (C₂H₅OH) adalah bahan bakar dengan angka oktan tinggi yang diperoleh dari hasil pertanian seperti jagung, ubi, dan sagu. Penambahan etanol ke dalam bensin dapat meningkatkan angka oktan sekaligus memperbaiki kualitas pembakaran [11][12]. Campuran etanol dan pertalite menghasilkan bioetanol yang tidak hanya memperbaiki pembakaran tetapi juga meningkatkan ketahanan mesin terhadap *knocking* [13].

Selain faktor bahan bakar, sistem pengapian juga memiliki peranan vital. Busi berfungsi memercikkan bunga api untuk memulai pembakaran, dan kualitas percikan api memengaruhi efisiensi pembakaran. Berbagai jenis busi tersedia di pasaran, di antaranya busi tembaga, platinum, dan iridium, yang diklaim dapat meningkatkan performa mesin dan efisiensi bahan bakar [14].

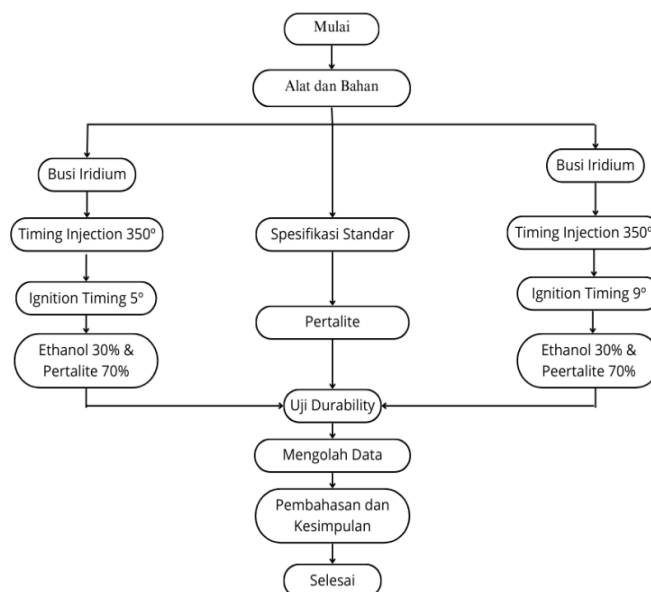
Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini difokuskan pada analisis pembentukan deposit karbon di ruang bakar dan piston sepeda motor untuk menentukan perlakuan yang menghasilkan durabilitas paling optimal. Penelitian juga mengevaluasi kelayakan penerapan kombinasi *ECU programmable*, busi iridium, dan campuran bioetanol-pertalite dalam penggunaan harian, sehingga diharapkan dapat berkontribusi pada pengembangan teknologi bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan sekaligus menjaga ketahanan mesin.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen untuk menguji hubungan sebab-akibat dari beberapa perlakuan dengan cara merencanakan variabel tertentu dan mengamati hasilnya [15][16]. Tiga variasi perlakuan diterapkan untuk membandingkan tingkat ketahanan mesin melalui pengukuran jumlah partikulat material atau kerak karbon (*carbon deposit*) yang terbentuk di ruang bakar sepeda motor. Penelitian ini dilakukan secara langsung di Workshop Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, dengan objek sepeda motor Honda Beat Pop [3]. Objek penelitian dan alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Objek penelitian



Gambar 2. Alur kerangka penelitian

Tahap awal penelitian dimulai dengan persiapan objek uji berupa perawatan menyeluruh dan pembersihan ruang bakar mesin untuk memastikan kondisi bebas dari endapan karbon. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan kompresi untuk memastikan tidak ada kebocoran sehingga mesin siap digunakan. Instrumen yang disiapkan meliputi *ECU programmable*, busi iridium, kamera dokumentasi, serta bahan bakar pertalite dan etanol dengan komposisi sesuai rancangan.

Fase pertama pengujian dilakukan pada sepeda motor dengan spesifikasi standar tanpa modifikasi. Kendaraan dioperasikan selama 20 jam (8–10 jam per hari), kemudian mesin dibongkar untuk menganalisis deposit karbon pada ruang bakar dan kepala piston. Dokumentasi visual dilakukan menggunakan kamera. Prosedur yang sama diulang pada interval 40 jam dan 50 jam. Pada akhir 50 jam, dilakukan pengukuran massa (mg) dan volume (mm³) deposit karbon secara komprehensif.

Fase kedua melibatkan instalasi *ECU programmable* dengan pengaturan *timing injection* 350° dan *ignition timing* 5°. Busi standar diganti dengan busi iridium, dan bahan bakar menggunakan campuran pertalite 70% dan etanol 30%. Pengujian dilakukan kembali dengan pola operasional yang sama (20, 40, dan 50 jam). Setelah 50 jam, deposit karbon yang terbentuk dianalisis melalui pengukuran massa dan volume, serta didokumentasikan secara visual.

Fase ketiga dilakukan dengan prosedur serupa, namun *ignition timing* diubah menjadi 9°. Setelah seluruh siklus pengujian selesai, data dianalisis dengan membandingkan hasil ketiga perlakuan: spesifikasi standar, perlakuan pertama (350°–5°), dan perlakuan kedua (350°–9°). Analisis difokuskan pada karakteristik pembakaran, tingkat pembentukan deposit karbon, serta dampak penggunaan *ECU programmable*, busi iridium, dan campuran pertalite-etanol terhadap *durability* mesin empat tak.

Untuk menghitung volume deposit karbon dari hasil pengukuran massa digunakan persamaan berikut:

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

dengan $\rho = 1,8 \text{ g/cm}^3$ (nilai konservatif).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengujian *durability* dilakukan selama 110 jam operasional dengan tiga variasi perlakuan, yaitu kondisi standar tanpa modifikasi, perlakuan 1 (busi iridium, *timing injection* 350°, *ignition timing* 5°, dan campuran pertalite 70%–etanol 30%), serta perlakuan 2 (busi iridium, *timing injection* 350°, *ignition timing* 9°, dan campuran pertalite 70%–etanol 30%). Hasil pengukuran massa deposit karbon menggunakan timbangan digital dan volume deposit yang dihitung berdasarkan massa jenis konservatif $\rho = 1,8 \text{ g/cm}^3$ ditampilkan pada Tabel 1.

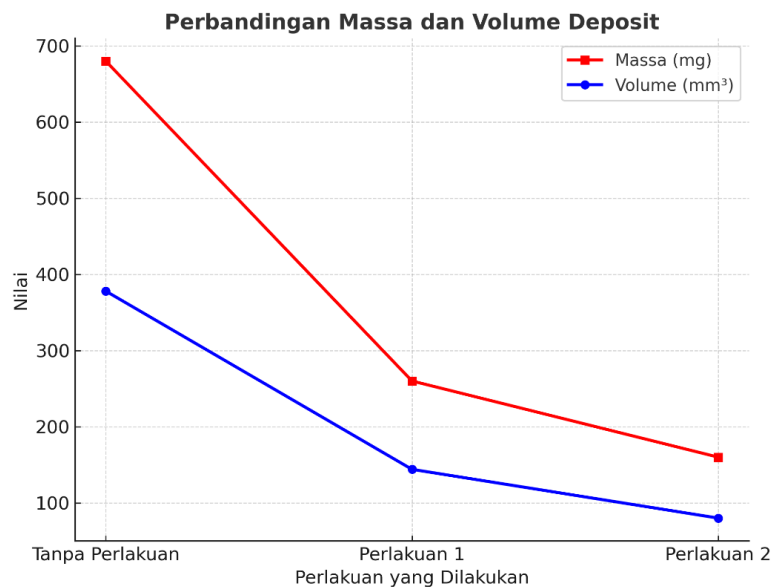
Tabel 1. Perbandingan Volume dan Massa Deposit [16].

Perlakuan	Durasi (jam)	Volume deposit (mm ³)	Massa deposit (mg)
Tanpa perlakuan (standar)	110	378	378
Perlakuan 1	110	138	250
Perlakuan 2	110	83	150

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa kelompok standar menghasilkan deposit karbon tertinggi dengan massa 680 mg dan volume 378 mm³. Sementara itu, perlakuan 1 menurunkan

deposit karbon secara signifikan menjadi 250 mg dengan volume 138 mm³. Hasil terbaik ditunjukkan pada perlakuan 2, di mana massa deposit hanya 150 mg dengan volume 83 mm³, menunjukkan pengurangan lebih dari 75% dibandingkan kondisi standar.

Tren penurunan massa dan volume deposit juga divisualisasikan pada [Gambar 3](#), yang memperlihatkan bahwa setiap modifikasi perlakuan berkontribusi pada pengurangan deposit karbon. Garis kurva menunjukkan perbedaan yang jelas antara kondisi standar dan perlakuan modifikasi, dengan penurunan paling tajam pada perlakuan 2.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Massa dan Volume Deposit

Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan busi iridium, *ECU programmable*, serta campuran pertalite-etanol 30% berpengaruh nyata dalam menekan akumulasi deposit karbon. Perlakuan 2 dengan pengaturan *ignition timing* 9° terbukti paling efektif, tidak hanya dalam mengurangi massa deposit tetapi juga dalam menurunkan volume deposit karbon di ruang bakar dan kepala piston.

Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa perlakuan 2 (busi iridium, *timing injection* 350°, *ignition timing* 9°, campuran pertalite 70%-etanol 30%) menghasilkan deposit karbon paling sedikit dibandingkan perlakuan 1 maupun kondisi standar. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya [3] yang menyatakan bahwa modifikasi *ECU programmable* dengan pengaturan ulang *injection timing* dari 360° menjadi 350° dan *ignition timing* dari 5° menjadi 9°, dikombinasikan dengan busi iridium dan campuran etanol-pertalite, mampu menurunkan emisi hidrokarbon (HC) secara signifikan. Penurunan HC berimplikasi langsung pada kebersihan ruang bakar, karena semakin rendah emisi HC maka semakin sempurna proses pembakaran yang terjadi.

Selain pengukuran kuantitatif massa dan volume deposit ([Tabel 1](#)), analisis visual pada interval 20, 40, dan 50 jam juga memperlihatkan dinamika pertumbuhan deposit, seperti yang dapat terlihat pada [Tabel 2-4](#). Pada kondisi standar, ruang bakar mulai menunjukkan deposit signifikan sejak 20 jam, dengan akumulasi semakin tebal pada 40 jam, dan hampir menutupi piston setelah 50 jam. Sebaliknya, pada perlakuan 1, pembentukan deposit masih terjadi namun jauh lebih terkendali, dengan penumpukan tipis dan lebih merata. Perlakuan 2

memberikan hasil paling bersih, di mana meskipun deposit terbentuk, volumenya relatif kecil dan tidak mengganggu kinerja piston maupun ruang bakar.

Tabel 2. Perbandingan kondisi piston dan ruang bakar setelah uji durability selama 20 jam [17].

Uji durability 20 jam	Tanpa perlakuan	Perlakuan 1	Perlakuan 2
Piston			
Ruang Bakar			

Tabel 3. Perbandingan kondisi piston dan ruang bakar setelah uji durability selama 40 jam [17].

Uji durability 40 jam	Tanpa perlakuan	Perlakuan 1	Perlakuan 2
Piston			
Ruang Bakar			

Tabel 4. Perbandingan kondisi piston dan ruang bakar setelah uji durability selama 50 jam [17].

Uji Durability 50 jam	Tanpa Perlakuan	Perlakuan 1	Perlakuan 2
Piston			
Ruang Bakar			

Dari sisi kuantitatif, perbedaan antarperlakuan sangat jelas. Massa deposit pada kondisi standar mencapai 680 mg dengan volume 378 mm³, sedangkan pada perlakuan 1 turun menjadi 250 mg (138 mm³). Perlakuan 2 menunjukkan hasil terbaik dengan hanya 150 mg (83 mm³). Artinya, perlakuan 1 berhasil menurunkan massa deposit sebesar 33,9% dan volume sebesar 63,5%, sementara perlakuan 2 menghasilkan penurunan lebih lanjut hingga 60,3% untuk massa dan 78,0% untuk volume dibandingkan standar. Bahkan, dibandingkan perlakuan 1, perlakuan 2 masih mampu menekan pembentukan deposit karbon sebesar 40% (massa) dan 39,9% (volume). Temuan ini mempertegas bahwa kombinasi perlakuan 2 memberikan efek sinergis yang signifikan dalam meminimalkan residu pembakaran.

Namun, hasil uji *durability* juga memperlihatkan adanya *trade-off* antara kebersihan ruang bakar dan kenyamanan berkendara. Tabel 5–7 merekam pengalaman subjektif pengendara selama pengujian. Pada kondisi standar, mesin bekerja stabil tanpa gejala *knocking* atau kehilangan tenaga, dengan respons tarikan ringan dan kemampuan menanjak yang baik. Perlakuan 1 sedikit menurunkan kenyamanan, ditandai dengan mesin yang sesekali tersendat saat bahan bakar menipis serta kesulitan *starting* di pagi hari, meskipun performa pada medan menanjak tetap baik. Perlakuan 2, meskipun paling efektif menekan pembentukan deposit, menimbulkan masalah performa terutama pada fase awal pengujian: mesin kehilangan tenaga, sulit mencapai putaran tinggi, dan tersendat saat membawa beban berat lebih dari 140 kg. Menariknya, setelah 50 jam pengujian, mesin menunjukkan adaptasi dengan performa yang lebih stabil dan mampu menanjak dengan baik bahkan dengan beban berat. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem pembakaran membutuhkan periode adaptasi terhadap konfigurasi bahan bakar dan pengapian baru.

Tabel 5. Hal-hal yang Dirasakan Pengendara Saat Uji Durability Menggunakan Perlakuan Standar.

Uji Durability	Hal-hal yang Dirasakan Pengendara
Standar (tanpa perlakuan)	1. Mesin tidak tersendat. 2. Tarikan ringan. 3. Tidak <i>overheat</i> sampai penelitian tanpa perlakuan selesai. 4. Sepeda motor mampu melewati jalan menanjak seperti sitinjau lauik, Universitas Andalas, UIN kampus 3 Sungai Bangek.

Tabel 6. Hal-hal yang Dirasakan Pengendara Saat Uji Durability Menggunakan Perlakuan 1.

Uji Durability	Hal-hal yang Dirasakan Pengendara
Perlakuan 1	1. Mesin sedikit tersendat selama kurang dari satu menit saat indikator bahan bakar mendekati E (<i>empty</i>) dan sepeda motor sudah berjalan selama 3-4 jam. 2. Mesin sedikit sulit di hidupkan ketika pagi hari, butuh 3 samapai 4 detik starter samapi mesin hidup. 3. Tidak <i>overheat</i> sampai penelitian menggunakan perlakuan 1 selesai. 4. Sepeda motor mampu melewati jalan menanjak seperti sitinjau lauik, Univeristas Andalas, UIN kampus 3 Sungai Bangek.

Tabel 7. Hal-hal yang Dirasakan Pengendara Saat Uji Durability Menggunakan Perlakuan 2.

Uji Durability	Hal-hal yang Dirasakan Pengendara
Perlakuan 2	1. Mesin tersendat saat membawa beban penumpang lebih dari 140 kg dan melewati tanjakan saat pengujian 20 dan 40 jam. Pada pengujian 50 jam mesin sudah mulai normal. 2. Saat awal di hidupkan mesin kehilangan tenaga meskipun <i>thorittle</i> terbuka penuh, motor bisa berjalan di RPM rendah dan butuh waktu 3-5 menit untuk mendapatkan tenaga di RPM tinggi. 3. Tidak <i>overheat</i> samapai penelitian menggunakan perlakuan 2 selesai 4. Pada penelitian 50 jam sepeda motor mampu melewati jalan menanjak di UIN kampus 3 Sungai Bangek dengan beban lebih dari 140 kg.

Analisis ini menggarisbawahi dua implikasi penting. Pertama, secara teknis, perlakuan 2 paling efektif dalam memperpanjang *durability* mesin melalui pengendalian deposit karbon. Hal ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pembakaran, tetapi juga mengurangi potensi kerusakan komponen akibat kerak karbon berlebih. Kedua, secara praktis, penelitian ini menegaskan bahwa meskipun perlakuan optimal dari sisi pembakaran dapat dicapai, aspek kenyamanan berkendara masih menjadi tantangan yang harus ditangani, misalnya melalui pengembangan sistem kontrol elektronik otomatis untuk menyesuaikan *ignition timing* dan suplai bahan bakar secara *real-time*.

Secara lebih luas, temuan ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan teknologi bahan bakar alternatif berbasis bioetanol. Kombinasi biogasoline dengan *ECU programmable* dan busi iridium tidak hanya mendukung target pengurangan emisi, tetapi juga berpotensi menurunkan biaya perawatan jangka panjang dengan memperlambat akumulasi deposit karbon. Dengan demikian, hasil penelitian ini mendukung transisi menuju teknologi

kendaraan yang lebih ramah lingkungan sekaligus berkelanjutan, sejalan dengan prinsip efisiensi energi dan ekonomi sirkular [18][19][20].

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *ECU programmable* dengan pengaturan ulang waktu pengapian dan penginjeksian, dikombinasikan dengan busi iridium serta campuran bahan bakar etanol 30% dan pertalite 70%, efektif dalam menekan pertumbuhan kerak karbon pada ruang bakar dan piston. Uji *durability* membandingkan tiga perlakuan: kondisi standar, perlakuan 1 (*injection timing* 350°, *ignition timing* 5°), dan perlakuan 2 (*injection timing* 350°, *ignition timing* 9°). Hasil terbaik diperoleh pada perlakuan 2, yang menghasilkan massa deposit hanya 150 mg dengan volume 83 mm³. Analisis visual memperkuat temuan ini, di mana perlakuan 2 menunjukkan ruang bakar dan piston paling bersih dibandingkan perlakuan lainnya. Temuan ini menegaskan bahwa optimasi parameter pengapian dan penggunaan bioetanol berperan penting dalam meningkatkan efisiensi pembakaran, memperlambat akumulasi deposit karbon, serta memperpanjang *durability* mesin.

Saran

Secara praktis, hasil penelitian ini dapat dijadikan rujukan bagi industri otomotif dalam merancang strategi *engine tuning* yang sesuai untuk penggunaan bahan bakar berbasis bioetanol. Implementasi E30 (etanol 30% + pertalite 70%) terbukti potensial sebagai opsi bahan bakar ramah lingkungan tanpa mengorbankan ketahanan mesin, sehingga mendukung program transisi energi berkelanjutan. Lebih lanjut, pengembangan sistem kontrol elektronik otomatis untuk mengatur *ignition timing* dan suplai bahan bakar disarankan agar dapat mengurangi kendala performa yang ditemukan pada perlakuan 2, khususnya terkait kestabilan mesin di fase awal penggunaan. Penelitian lanjutan perlu memperluas analisis pada aspek lain, seperti dampak terhadap sistem katup, pelumasan, dan emisi gas buang, sehingga diperoleh gambaran komprehensif mengenai kelayakan penerapan teknologi ini dalam penggunaan sehari-hari.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] I. G. Wiratmaja and E. Elisa, "Kajian Peluang Pemanfaatan Bioetanol Sebagai Bahan Bakar Utama Kendaraan Masa Depan Di Indonesia," vol. 8, no. 1, 2020.
- [2] M. Fikri, W. Purwanto, Muslim, Rifdarmon, and A. Baharudin, "Analisis Penggunaan Busi Standard, Platinum, dan Iridium Terhadap Emisi Gas Buang Pada Sepeda Motor Scoopy PGM-FI 2020," *JTPVI J. Teknol. Dan Pendidik. Vokasi Indones.*, vol. 2, no. 3, pp. 337–346, June 2024, doi: 10.24036/jtpvi.v2i3.173.
- [3] A. Gunawan, W. Purwanto, T. Sugiarto, and A. Arif, "Optimasi pada Sepeda Motor FI penggunaan ECU Programmable dan Campuran Ethanol terhadap Emisi Gas Buang dengan Metode Taguchi," *JTPVI J. Teknol. Dan Pendidik. Vokasi Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 223–232, Feb. 2024, doi: 10.24036/jtpvi.v2i2.134.
- [4] T. Purba, "Pengaruh Kemasan dan Durability Makanan Ringan Buatan Malaysia Terhadap Etnosentrisme Konsumen Di Batam: Pengaruh Kemasan Dan Durability Makanan Ringan Buatan Malaysia Terhadap Etnosentrisme Konsumen Di Batam," *J. Akunt. BARELANG*, vol. 4, no. 1, pp. 132–139, Nov. 2019, doi: 10.33884/jab.v4i1.1440.
- [5] M. Wahyu, N. Nurlina, and D. Irawan, "Perubahan Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar pada Mesin K3DE 1300 CC dengan Pembersihan Karbon Deposit di Combustion Chamber," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 3, p. 381, Dec. 2022, doi: 10.32497/jrm.v17i3.3459.

-
- [6] M. Rahmaddaani, E. E. Poerwanto, and W. Irdianto, "Pengaruh Variasi Ignition Timing Menggunakan Ecu Programmable Terhadap Performa Mesin Pada Sepeda Motor 150cc Sohc Berpendingin Air," *J. Tek. Otomotif Kaji. Keilmuan Dan Pengajaran*, vol. 4, no. 2, p. 27, Mar. 2022, doi: 10.17977/um074v4i22020p27-32.
- [7] A. F. Fauzil, D. Fernandez, H. Maksu, and M. Y. Setiawan, "Pengaruh Penggunaan ECU Racing dan Injektor Racing Terhadap Torsi, Daya dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor Jupiter MX King 150," *JTPVI J. Teknol. Dan Pendidik. Vokasi Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, Oct. 2023, doi: 10.24036/jtpvi.v2i1.122.
- [8] W. Purwanto, H. Maksu, A. Arif, M. L. Rochman, S. Sujito, and K. E. Padrigalan, "Exploration of Engine Parameters for Emission Reduction in Gasoline-Ethanol Fueled Engines," *Automot. Exp.*, vol. 7, no. 3, pp. 486–501, Dec. 2024, doi: 10.31603/ae.12467.
- [9] Maridjo, Ika Yuliyani, Angga R, "Pengaruh pemakaian bahan bakar premium, pertalite dan pertamax terhadap kinerja motor 4 tak," *J. Tek. Energi*, vol. 9, no. 1, pp. 73–78, Nov. 2019, doi: 10.35313/energi.v9i1.1648.
- [10] B. Y. Nugroho *et al.*, "497586340-Pengaruh-Penggunaan-Bahan-Bakar-Pertamax-Dan-Pertalite-Pada-Motor-Bakar-Rasio-Kompresi-9-1-Terhadap-Emisi-Gas-Buang," 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.19470.89927.
- [11] M. I. Fahmiy and I. Wardana, "Permodelan Etanol Sebagai RON Booster Untuk Campuran Bahan Bakar Pertalite," vol. 1, 2022.
- [12] "Penambahan+Etanol+pada+Bahan+Bakar+Pertalite+Untuk+Meningkatkan+Lama+Pema kaian+ (1)."
- [13] M. Rifal, "Pengaruh Campuran Bahan Bakar Ethanol Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang pada Kendaraan Bermotor 125 Cc Sistem Injeksi," *Gorontalo J. Infrastruct. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 2, p. 50, June 2022, doi: 10.32662/gojise.v4i2.2035.
- [14] J. Listiawan, "Performansi Mesin Sepeda Motor Berbahan Bakar Etanol Menggunakan Busi Standar Dan Busi Iridium".
- [15] M. Waruwu, S. N. Pu`at, P. R. Utami, E. Yanti, and M. Rusydiana, "Metode Penelitian Kuantitatif: Konsep, Jenis, Tahapan dan Kelebihan," *J. Ilm. Profesi Pendidik.*, vol. 10, no. 1, pp. 917–932, Feb. 2025, doi: 10.29303/jipp.v10i1.3057.
- [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, Dec. 2016, doi: 10.18331/BRJ2016.3.4.6.
- [17] J. A. Hidayat and B. Sugiarto, "Review on effect biodiesel blend on the growth of deposit in combustion chamber," presented at the International Conference On Emerging Applications In Material Science And Technology: ICEAMST 2020, Namakkal, India, 2020, p. 050002. doi: 10.1063/5.0006900.
- [18] 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. 7, p. e07585, July 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e07585.
- [19] 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, p. 012007, Mar. 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1322/1/012007.
- [20] W. Purwanto, T.-K. Liu, H. Maksu, 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. JAETS*, vol. 5, no. 2, pp. 802–812, June 2024, doi: 10.37385/jaets.v5i2.3249.
-