

Analisis Perbedaan Penggunaan Electronic Control Unit (ECU) Standar dan Racing Terhadap Kinerja Mesin Sepeda Motor Injeksi

Kunto Hamijoyo^{*1}, Dwiyanto²

^{1,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Dharma AUB Surakarta, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Dharma AUB Surakarta, Indonesia

e-mail: ^{*1}kuntoaub@gmail.com, ²dwiyanto.ataub20@gmail.com

Abstrak

Electronic Control Unit (ECU) merupakan perangkat elektronik utama dalam sistem pembakaran sepeda motor injeksi yang berfungsi mengatur suplai bahan bakar dan waktu pengapian berdasarkan parameter sensor. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perbedaan performa mesin sepeda motor injeksi 150 cc yang menggunakan ECU standar dan ECU racing. Metode yang digunakan adalah pengujian eksperimental dengan dynamometer untuk mengukur daya (horsepower), torsi (torque), dan konsumsi bahan bakar spesifik (Brake Specific Fuel Consumption/BSFC). Hasil pengujian menunjukkan bahwa ECU racing mampu meningkatkan daya maksimum sebesar $\pm 17\%$ dan torsi sebesar $\pm 6\%$ dibandingkan ECU standar. Namun, peningkatan performa ini disertai dengan kenaikan konsumsi bahan bakar sebesar $\pm 12\%$. Studi ini memberikan gambaran kuantitatif mengenai trade-off antara peningkatan performa dan efisiensi bahan bakar akibat pemakaian ECU racing.

Kata kunci— ECU, Motor Injeksi, kinerja mesin

Abstract

Electronic Control Unit (ECU) serves as the primary electronic component within the fuel-injected motorcycle combustion system, functioning to regulate fuel supply and ignition timing based on sensor parameters. This research aims to evaluate the performance differences of 150 cc fuel-injected motorcycles utilizing standard ECU versus racing ECU. The methodology employed involves experimental testing using a dynamometer to measure horsepower, torque, and Brake Specific Fuel Consumption (BSFC). The results indicate that the racing ECU is capable of increasing maximum horsepower by approximately 17% and torque by approximately 6% compared to the standard ECU. However, this performance enhancement is accompanied by an increase in fuel consumption of approximately 12%. This study provides a quantitative overview of the trade-off between performance improvements and fuel efficiency resulting from the application of racing ECU.

Keywords— ECU, Fuel-Injected Motorcycle, Engine Performance

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomotif saat ini telah mengarah pada sistem pembakaran yang lebih efisien, presisi, dan ramah lingkungan. Salah satu inovasi utama adalah penerapan sistem injeksi bahan bakar (fuel injection) yang menggantikan sistem karburator konvensional. Sistem injeksi ini dikontrol secara elektronik oleh Electronic Control Unit (ECU), sebuah komponen vital yang berfungsi mengatur suplai bahan bakar dan waktu pengapian (ignition timing) berdasarkan berbagai sinyal masukan dari sensor seperti posisi throttle, suhu udara masuk, putaran mesin (RPM), tekanan intake, dan lain-lain.

ECU berperan penting dalam memastikan pembakaran yang efisien, meningkatkan efisiensi bahan bakar, mengurangi emisi gas buang, serta menyesuaikan performa mesin terhadap kondisi operasional. Di pasar otomotif, terdapat dua jenis ECU yang umum digunakan, yaitu ECU standar (original equipment manufacturer/OEM) dan ECU racing atau programmable. ECU standar dirancang oleh pabrikan dengan parameter yang telah ditetapkan untuk menjaga efisiensi, keandalan, dan ketahanan mesin dalam penggunaan harian. Sebaliknya, ECU racing dirancang untuk dapat diprogram ulang (re-map) sehingga memungkinkan pengguna melakukan modifikasi terhadap kurva pengapian, suplai bahan bakar, batas putaran mesin (rev limiter), dan fitur lain untuk mendapatkan performa maksimal.

Dalam dunia balap motor dan modifikasi performa, penggunaan ECU racing menjadi semakin populer karena memungkinkan pengaturan mesin secara lebih agresif. Beberapa pengaturan seperti peningkatan timing pengapian atau campuran udara-bahan bakar yang lebih kaya (rich AFR) dapat menghasilkan daya (power) dan torsi (torque) yang lebih besar. Namun demikian, pengaturan yang terlalu ekstrem dapat berdampak negatif terhadap konsumsi bahan bakar, emisi, dan umur komponen mesin.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perbedaan performa motor bakar pada sepeda motor injeksi 150 cc yang menggunakan ECU standar dan ECU racing. Penelitian dilakukan secara eksperimental melalui pengujian langsung menggunakan dynamometer (dyno test) untuk mengukur output daya, torsi, dan konsumsi bahan bakar spesifik (Brake Specific Fuel Consumption/BSFC). Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pemahaman teknis tentang keunggulan dan kelemahan penggunaan ECU racing dibandingkan ECU standar dalam konteks performa dan efisiensi mesin.

2. METODE PENELITIAN

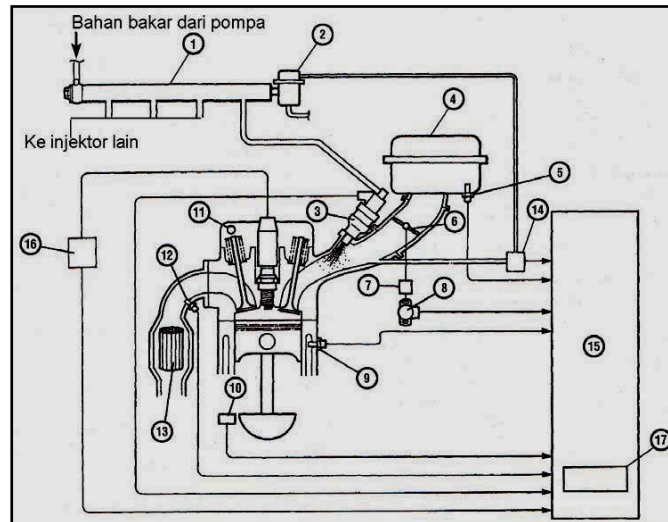
2.1 Tinjauan Pustaka

1. Electronic Control Unit (ECU)

Electronic Control Unit (ECU) adalah komponen elektronik yang mengontrol sistem manajemen mesin pada kendaraan modern. ECU mengatur suplai bahan bakar dan waktu pengapian berdasarkan masukan dari berbagai sensor seperti sensor throttle position, sensor suhu udara masuk (IAT), sensor tekanan intake (MAP), dan sensor kecepatan mesin (RPM) [1]. ECU standar umumnya memiliki pengaturan tetap yang disesuaikan oleh pabrikan untuk efisiensi dan emisi. Sebaliknya, ECU racing atau programmable memiliki fleksibilitas dalam mengubah parameter pembakaran untuk menghasilkan performa maksimal [2].

2. Sistem Injeksi Bahan Bakar (Fuel Injection)

Injeksi adalah suatu cara pencampuran bahan bakar dengan udara pada kendaraan bermotor untuk menghasilkan pembakaran yang sempurna. Injeksi membutuhkan perangkat bernama injektor, yang bertugas mensuplai campuran bahan bakar dengan udara. Sistem injeksi merupakan teknologi penerus sistem karburator pada kendaraan bermotor.



Gambar 1: Sistem Injeksi Bahan Bakar (Fuel Injection)

Keterangan Gambar:

- | | |
|--|--|
| 1. Fuel rail/delivery pipe (pipa pembagi) | 9. Engine/coolant temperature sensor (sensor suhu air pendingin) |
| 2. Pressure regulator (pengatur tekanan) | 10. Crankshaft position sensor (sensor posisi poros engkol) |
| 3. Injector (nozel penyemprot bahan bakar) | 11. Camshaft position sensor (sensor posisi poros nok) |
| 4. Air box (saringan udara) | 12. Oxygen (lambda) sensor |
| 5. Air temperature sensor (sensor suhu udara) | 13. Catalytic converter |
| 6. Throttle body butterfly (katup throttle) | 14. Intake air pressure sensor (sensor tekanan udara masuk) |
| 7. Fast idle system | 15. ECU (Electronic control unit) |
| 8. Throttle position sensor (sensor posisi throttle) | 16. Ignition coil (koil pengapian) |
| | 17. Atmospheric pressure sensor (sensor tekanan udara atmosfer) |

Teknologi fuel injection menggantikan sistem karburator konvensional untuk memberikan suplai bahan bakar yang lebih akurat dan efisien. Sistem ini menyemprotkan bahan bakar langsung ke intake manifold dengan tekanan tertentu dan dikontrol oleh ECU berdasarkan kondisi mesin. Keunggulan sistem injeksi antara lain efisiensi pembakaran yang lebih baik, respons throttle yang lebih halus, dan emisi gas buang yang lebih rendah [3].

3. Karakteristik Daya dan Torsi Mesin

Daya (power) dan torsi (torque) merupakan dua parameter utama dalam menilai performa mesin. Daya adalah ukuran kemampuan mesin dalam melakukan kerja dalam satuan waktu, biasanya dinyatakan dalam horsepower (HP). Torsi merupakan gaya puntir yang dihasilkan mesin pada poros engkol dan diukur dalam Newton meter (Nm). Kurva daya dan torsi terhadap putaran mesin (RPM) digunakan untuk menilai karakteristik performa mesin secara keseluruhan [4].

4. Brake Specific Fuel Consumption (BSFC)

BSFC adalah parameter yang menunjukkan konsumsi bahan bakar untuk menghasilkan satuan daya (biasanya dinyatakan dalam gram/kilowatt-jam). Semakin rendah nilai BSFC, semakin efisien mesin tersebut. ECU racing sering kali memberikan campuran udara-bahan bakar yang lebih kaya (rich AFR) untuk meningkatkan tenaga, namun hal ini dapat meningkatkan nilai BSFC [5].

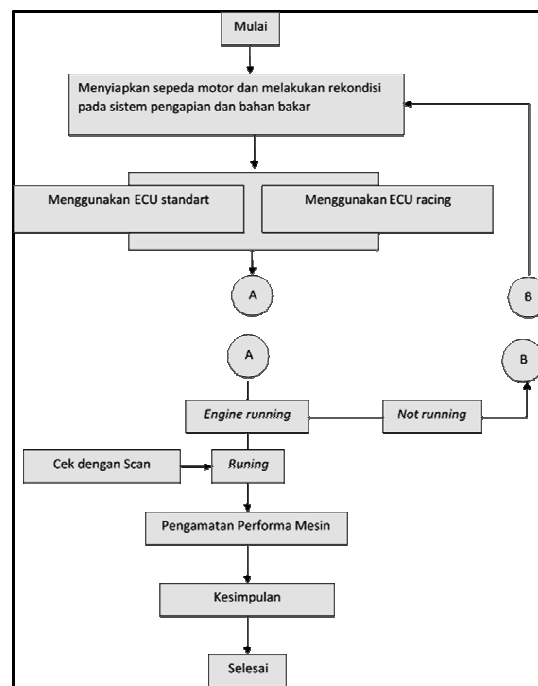
5. Penggunaan ECU Racing dalam Dunia Balap

ECU racing umumnya digunakan dalam kejuaraan balap motor karena memungkinkan peningkatan performa melalui pengaturan waktu pengapian yang lebih maju, pembatasan RPM yang lebih tinggi, serta suplai bahan bakar yang lebih besar. Namun, pengaturan ini sering mengorbankan efisiensi bahan bakar dan umur mesin. Oleh karena itu, ECU racing tidak direkomendasikan untuk penggunaan harian tanpa penyesuaian yang tepat [6].

2.2 Objek Penelitian

Objek penelitian dalam studi ini adalah sepeda motor dengan kapasitas mesin 150 cc, sistem pembakaran 4-langkah (4-tak), dan menggunakan sistem injeksi bahan bakar elektronik (EFI). Sepeda motor ini dipilih karena mewakili segmen motor sport kelas menengah yang umum digunakan di Indonesia dan telah dilengkapi ECU pabrikan (OEM) yang mendukung sistem kontrol bahan bakar secara elektronik. Pengujian dilakukan terhadap dua jenis ECU: ECU Standar (OEM): ECU bawaan pabrik tanpa modifikasi parameter internal. ECU Racing Programmable: ECU aftermarket seperti BRT Powermax, Aracer RC Super, atau sejenis yang dapat diprogram ulang untuk mengatur nilai pengapian dan injeksi bahan bakar sesuai keinginan pengguna.

a. Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

a. Variabel Pengujian

Variabel utama yang diuji dalam penelitian ini mencakup tiga parameter performa mesin: Daya keluaran maksimum (Power Output), satuan Horsepower (HP), Torsi maksimum, satuan Newton meter (Nm), Konsumsi bahan bakar spesifik (Brake Specific Fuel Consumption/BSFC), satuan gram/kilowatt-jam (g/kWh). Rentang putaran mesin (RPM) yang diuji berkisar antara 3000 hingga 10000 rpm, dengan

interval pengujian setiap 1000 rpm untuk memperoleh grafik performa yang komprehensif.

b. Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam pengujian ini antara lain:

1. Dynamometer (Dyno Test): untuk mengukur daya dan torsi mesin secara langsung.
2. ECU Standar dan ECU Racing (programmable): masing-masing dipasang secara bergantian pada motor uji.
3. Flow meter bahan bakar: untuk mengukur debit konsumsi bahan bakar selama pengujian.
4. Bahan bakar: bensin RON 92 untuk memastikan nilai oktan tetap selama semua pengujian.
5. Laptop dan software tuning: digunakan untuk membaca, memantau, dan memprogram ECU racing sesuai parameter pengujian.

c. Langkah Pengujian

Pengujian dilakukan secara sistematis dimulai dengan memasang sepeda motor secara aman di atas alat dyno test, kemudian alat tersebut dikalibrasi terlebih dahulu agar hasil pengukuran akurat. Pengujian pertama dilakukan menggunakan ECU standar, dengan memastikan kondisi mesin berada pada keadaan kerja yang stabil serta suhu operasi mencapai ± 90 °C. Selanjutnya, sepeda motor dijalankan pada kondisi full throttle, kemudian data performa direkam pada setiap interval 1000 rpm, dimulai dari putaran 3000 rpm hingga 10000 rpm. Setelah pengujian menggunakan ECU standar selesai, ECU tersebut dilepas dan diganti dengan ECU racing yang telah diprogram sesuai profil performa tinggi. Pengujian kemudian diulang kembali dengan prosedur yang sama untuk memastikan konsistensi data yang diperoleh. Setiap jenis pengujian dilakukan sebanyak tiga kali percobaan, kemudian hasilnya diambil nilai rata-rata guna mengurangi pengaruh fluktuasi selama proses pengujian. Pengujian dilakukan dalam ruangan tertutup untuk mengurangi gangguan lingkungan luar, dan seluruh parameter suhu, kelembaban, serta tekanan udara dicatat untuk memastikan keseragaman kondisi uji

6. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi

a. Hasil Pengujian Power dan Torsi

Hasil pengujian performa mesin dengan menggunakan dynamometer menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada nilai daya (horsepower) dan torsi maksimum antara penggunaan ECU standar dan ECU racing. Rangkuman hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Hasil Pengujian Daya dan Torsi Maksimum

Jenis ECU	Daya Maksimum (HP) @ rpm	Torsi Maksimum (Nm) @ rpm
Standar	13,5 @ 8500	12,8 @ 7000
Racing	15,8 @ 9000	13,6 @ 7500

Dari data tersebut, terlihat bahwa penggunaan ECU racing meningkatkan daya maksimum mesin sebesar $\pm 2,3$ HP (sekitar 17%) dibandingkan dengan ECU standar. Selain itu, torsi maksimum juga mengalami peningkatan sebesar $\pm 0,8$ Nm atau sekitar 6%. Peningkatan ini terjadi tidak hanya pada nilai puncak, tetapi juga dalam distribusi torsi sepanjang putaran mesin (RPM), terutama di kisaran menengah ke atas (6000–9000 rpm), yang sangat berpengaruh terhadap akselerasi.

Peningkatan performa mesin pada penggunaan ECU racing disebabkan oleh beberapa parameter kendali yang telah dioptimalkan dibandingkan ECU standar. Salah satu faktor utama adalah pengaturan waktu pengapian (*ignition timing*) yang dibuat lebih maju (*advanced*) terutama pada putaran mesin tinggi, sehingga proses pembakaran campuran udara dan bahan bakar terjadi pada titik yang lebih optimal untuk menghasilkan tekanan maksimum di dalam ruang bakar. Selain itu, ECU racing umumnya mengatur rasio udara-bahan bakar (*air-fuel ratio/AFR*) menjadi lebih kaya (*rich*), yang memungkinkan peningkatan energi hasil pembakaran, meskipun berdampak pada penurunan efisiensi konsumsi bahan bakar. Faktor lain yang turut berkontribusi adalah penghilangan atau pelonggaran batas putaran mesin (*rev limiter*), sehingga mesin dapat beroperasi pada rentang putaran yang lebih tinggi tanpa adanya intervensi pemotongan bahan bakar atau pengapian. Kombinasi dari ketiga pengaturan tersebut memungkinkan mesin menghasilkan daya dan torsi yang lebih besar, khususnya pada kondisi beban tinggi dan putaran tinggi, sebagaimana juga dijelaskan dalam berbagai studi mengenai optimasi parameter ECU pada motor injeksi.

b. Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (BSFC)

Selain pengujian daya dan torsi, parameter efisiensi bahan bakar juga diukur melalui Brake Specific Fuel Consumption (BSFC). Nilai BSFC menunjukkan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi untuk menghasilkan satu satuan daya (kWh), yang mencerminkan efisiensi termal mesin.

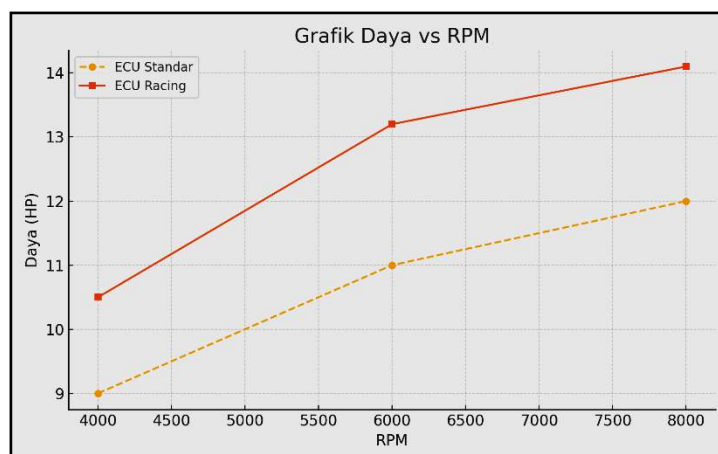
Tabel 2. Hasil Pengujian Rata-Rata BSFC

Jenis ECU	Rata-rata BSFC (g/kWh)
Standar	295
Racing	330

Dari Tabel 2, dapat diamati bahwa penggunaan ECU racing menyebabkan peningkatan konsumsi bahan bakar spesifik rata-rata sebesar ± 35 g/kWh atau sekitar 12% lebih tinggi dibandingkan ECU standar. Hal ini disebabkan oleh suplai bahan bakar yang lebih besar dan campuran udara-bahan bakar (AFR) yang cenderung lebih kaya guna mendukung pembakaran agresif dan pengapian maju. Meskipun performa mesin meningkat, peningkatan BSFC ini menunjukkan adanya trade-off antara power output dan efisiensi bahan bakar. Penggunaan ECU racing menjadi kurang ekonomis apabila diaplikasikan untuk penggunaan harian yang membutuhkan efisiensi dan keawetan.

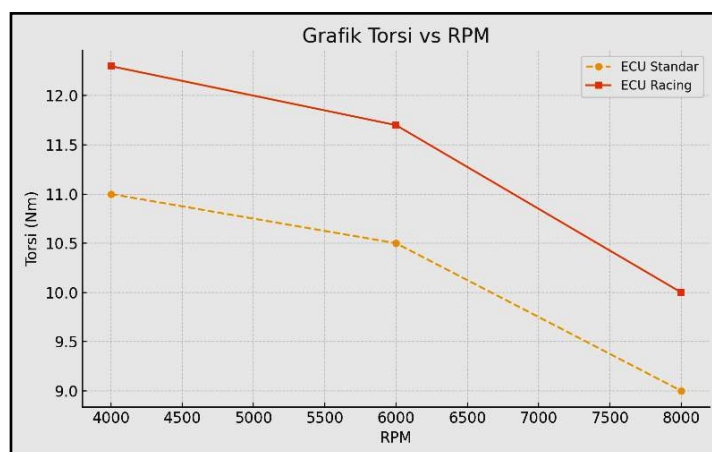
c. Analisis dan Interpretasi Grafik Kinerja Mesin

Untuk memberikan gambaran visual terhadap performa mesin, grafik daya dan torsi terhadap putaran mesin (RPM) serta grafik BSFC terhadap RPM dapat digunakan sebagai berikut; Analisis gambar 3: Menunjukkan bahwa ECU racing memberikan daya yang lebih tinggi secara konsisten pada seluruh rentang RPM. Dari analisis grafik daya dan torsi terhadap RPM menunjukkan bahwa kurva performa ECU racing cenderung lebih progresif dan stabil di rentang atas, yang memberikan keunggulan saat digunakan dalam kecepatan tinggi atau kebutuhan akselerasi cepat seperti dalam balapan.



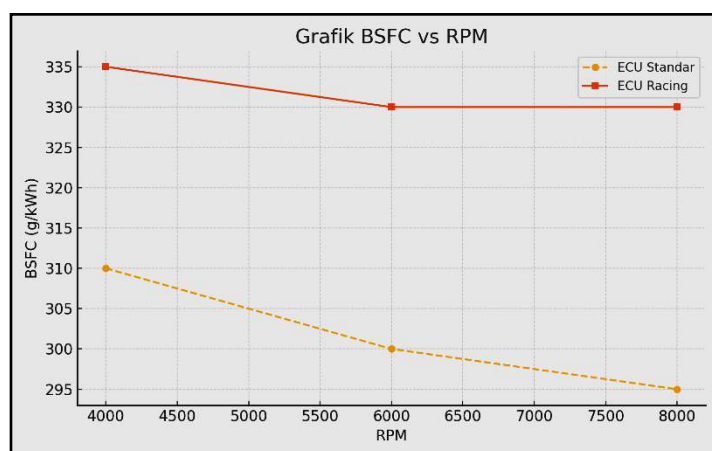
Gambar 3: Grafik Daya dan RPM (ECU Standar dan Racing)

Secara umum, hasil ini mendukung hipotesis bahwa ECU racing mampu meningkatkan performa output mesin.



Gambar 4: Grafik Torsi dan RPM (ECU Standar dan Racing)

Analisis gambar 4: Torsi maksimum juga lebih tinggi pada ECU racing, khususnya pada RPM menengah hingga tinggi



Gambar 5: Grafik BSFC dan RPM (ECU Standar dan Racing)

Analisis gambar 5: BSFC meningkat pada ECU racing, menandakan konsumsi bahan bakar lebih besar untuk menghasilkan performa lebih tinggi.

7. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan terhadap sepeda motor injeksi 150 cc, dapat disimpulkan bahwa: Penggunaan ECU racing terbukti meningkatkan daya maksimum mesin sebesar $\pm 17\%$ dan torsi maksimum sebesar $\pm 6\%$ dibandingkan dengan ECU standar. Meskipun performa meningkat, konsumsi bahan bakar spesifik (BSFC) juga mengalami kenaikan sebesar $\pm 12\%$, yang mengindikasikan penurunan efisiensi termal. ECU racing direkomendasikan untuk keperluan kompetisi, modifikasi performa tinggi, atau penggunaan khusus yang mengutamakan tenaga maksimum. Sebaliknya, ECU standar tetap lebih sesuai untuk penggunaan harian karena efisiensi bahan bakar yang lebih baik dan kestabilan parameter operasi. Pemilihan ECU harus mempertimbangkan tujuan penggunaan kendaraan: performa atau efisiensi. Pengguna yang memprioritaskan efisiensi dan keandalan dalam jangka panjang disarankan tetap menggunakan ECU standar.

8. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, penulis memberikan saran-saran sebagai berikut: Pemilihan ECU harus disesuaikan dengan tujuan penggunaan kendaraan. Untuk penggunaan harian yang mengutamakan efisiensi bahan bakar dan keandalan, disarankan menggunakan ECU standar. Sementara untuk keperluan kompetisi atau modifikasi performa tinggi, ECU racing dapat menjadi pilihan. Diharapkan dilakukan penelitian lanjutan mengenai: Pengaruh ECU racing terhadap emisi gas buang dan ramah lingkungan; Analisis durability (ketahanan) mesin dalam jangka panjang dengan penggunaan ECU racing; Pengembangan ECU hybrid yang dapat switch antara mode standar dan racing; Pengaruh berbagai kondisi jalan dan beban terhadap kinerja ECU racing serta untuk mengembangkan ECU dengan fitur selectable mode yang memungkinkan pengguna 切换 antara mode standar dan racing sesuai kebutuhan, sehingga dapat mengoptimalkan baik performa maupun efisiensi bahan bakar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Widodo, A., & Prasetyo, B. (2020). *Pengaruh Penggunaan ECU Terhadap Performa Mesin Motor 150cc*. Jurnal Teknik Mesin Otomotif.
- [2] Hidayat, D., et al. (2019). *Analisis Perbandingan ECU Standar dan Racing terhadap Daya dan Emisi*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin.
- [3] Fauzan, M., & Rahman, T. (2018). *Sistem Injeksi Bahan Bakar Sepeda Motor*. Jurnal Teknik Otomotif
- [4] Heywood, J. B. (1988). *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill.
- [5] Yanuar, R., et al. (2021). *Efisiensi Mesin dengan Modifikasi AFR*. Jurnal Energi dan Transportasi.
- [6] Irawan, H. (2022). *Studi Eksperimen ECU Racing pada Motor Balap*. Jurnal Teknologi Otomotif.
- [7] Rinaldi, M., & Suryadi, A. (2020). *Studi Eksperimen Tuning ECU pada Motor Injeksi*. Jurnal Inovasi Mesin.
- [8] Aryanto, T., & Firmansyah, A. (2021). *Dampak Modifikasi Pengapian dan AFR terhadap Emisi dan BSFC*. Jurnal Lingkungan & Teknik.
- [9] Yanuar, R., dkk. (2021). *Efisiensi Mesin dengan Modifikasi AFR (Air Fuel Ratio)* Jurnal Energi dan Transportasi.
- [10] Aryanto, T., & Firmansyah, A. (2021) *Dampak Modifikasi Pengapian dan AFR*

- terhadap Emisi dan BSFC* Jurnal Lingkungan & Teknik.
- [11] Fauzan, M., & Rahman, T. (2018) *Sistem Injeksi Bahan Bakar Sepeda Motor* Jurnal Teknik Otomotif.
- [12] Saputra, E., & Nugroho, P. (2022) *Analisis Pengaruh Remapping ECU terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan Tenaga Mesin Motor Injeksi* Jurnal Rekayasa Mesin Indonesia.