

ANALISIS PENGARUH ECU STANDAR, ECU REMAP DAN ECU AFTERMARKET, TERHADAP TORSI, DAYA, DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA SEPEDA MOTOR AUTOMATIC KAPASITAS SILINDER 155CC VVA

Puguh Permadi⁽¹⁾, Firman Alhafis⁽²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis

Jl. Bathin Alam, Sungai Alam, Bengkalis, Riau, Indonesia 28711

Email: Puguhmadiun07@gmail.com , Firmanalhaffis@polbeng.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis pengaruh penggunaan tiga jenis *Electronic Control Unit* (ECU) ECU Standar, ECU Remap, dan ECU *Aftermarket* terhadap torsi, daya, AFR, dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor 155 cc VVA melalui pengujian *dynotest* dan uji konsumsi bahan bakar *full to full* 1 liter dengan parameter tetap, yaitu Pertamina Turbo, beban 70 kg, dan rentang putaran 2.000–7.000 RPM. Hasil menunjukkan bahwa ECU Standar menghasilkan torsi 20,78 Nm pada 2.792 RPM, daya 10,3 HP pada 6.563 RPM, AFR 11,3, serta konsumsi 40,00 km/l. ECU Remap memberikan peningkatan dengan torsi 20,78 Nm pada 2.996 RPM, daya 10,7 HP pada 6.858 RPM, AFR 12,3, dan konsumsi 43,00 km/l. ECU *Aftermarket* menghasilkan performa terbaik dengan torsi 21,38 Nm pada 2.924 RPM, daya 11,8 HP pada 6.112 RPM, AFR 12,3, serta konsumsi 43,20 km/l. Secara keseluruhan, ECU *Aftermarket* memberikan peningkatan tenaga dan efisiensi paling optimal, ECU Remap menawarkan peningkatan yang seimbang, sedangkan ECU Standar tetap stabil namun dengan performa sedikit rendah.

Kata kunci: ECU Standar, ECU Remap, ECU *Aftermarket*, AFR, Sepeda Motor Matic 155cc VVA

PENDAHULUAN

Electronic Control Unit (ECU) merupakan sistem pengendali elektronik utama yang berperan sebagai “otak” pada sistem injeksi bahan bakar dan pengapian sepeda motor modern, karena berfungsi mengatur berbagai parameter kerja mesin agar beroperasi secara optimal. Pada sepeda motor otomatis, terdapat beberapa jenis ECU yang umum digunakan, yaitu ECU standar pabrik, ECU standar yang telah melalui proses remapping (penyesuaian peta injeksi bahan bakar dan pengapian), serta ECU *aftermarket* yang dirancang untuk memberikan performa lebih tinggi dengan fleksibilitas pengaturan yang lebih luas, di mana masing-masing jenis ECU memiliki karakteristik berbeda terhadap daya, torsi, konsumsi bahan bakar, dan emisi gas buang. Pada sepeda motor otomatis modern berkapasitas 155 cc yang telah dilengkapi teknologi *Variable Valve Actuation* (VVA), peran ECU menjadi semakin krusial karena teknologi VVA memungkinkan pengaturan buka-tutup katup secara dinamis sesuai dengan beban mesin dan putaran (RPM), sehingga pembakaran dapat berlangsung lebih presisi dan performa mesin tetap optimal pada berbagai kondisi kerja. Namun demikian, ECU standar bawaan pabrikan umumnya disetel secara

konservatif dengan prioritas pada pemenuhan regulasi emisi dan penggunaan bahan bakar standar, sehingga mendorong pengguna maupun praktisi otomotif untuk melakukan *remapping* ECU sebagai upaya meningkatkan performa mesin, sementara penggunaan ECU *aftermarket* menjadi alternatif lain karena menawarkan kebebasan pengaturan parameter mesin yang lebih luas dibandingkan ECU standar.

Sebelum dilakukan analisis perbandingan terhadap tiga jenis ECU (standar, remap, *Aftermarket*), perlu dilakukan terlebih dahulu identifikasi dan perhitungan terhadap parameter dasar dari ECU standar. Langkah ini menjadi fondasi penting dalam menentukan perubahan yang akan diterapkan pada proses *remapping* ECU. Proses remapping dilakukan dengan membaca data standar ECU, kemudian menyesuaikan *fuel map*, *ignition map*, dan pengaturan waktu buka-tutup katup VVA agar sesuai dengan performa mesin yang diharapkan.

Penelitian ini akan menelusuri perubahan parameter secara terukur dan bagaimana perubahan tersebut memengaruhi performa mesin. Fokus utama penelitian adalah pada perbandingan torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar dari masing-masing jenis ECU. Penelitian dilakukan melalui

metode eksperimental dengan pengukuran langsung menggunakan alat *dynamometer* dan *Fuel to Fuel* 1 liter.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konfigurasi setelan remapping pada ECU standar pabrikan serta menganalisis dan membandingkan pengaruh penggunaan ECU standar, ECU hasil remapping, dan ECU *aftermarket* terhadap performa mesin sepeda motor, khususnya pada parameter torsi dan daya. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengukur serta membandingkan tingkat konsumsi bahan bakar yang dihasilkan oleh masing-masing jenis ECU dalam kondisi pengujian yang sama, sehingga dapat diperoleh gambaran objektif mengenai efisiensi dan karakteristik performa mesin akibat perbedaan sistem pengendalian elektronik yang digunakan.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi berupa data empiris yang dapat dijadikan acuan bagi pemilik kendaraan dalam menentukan sistem ECU yang sesuai dengan kebutuhan performa dan efisiensi bahan bakar. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan teknologi pengendali mesin yang mampu menghasilkan performa optimal sekaligus mendukung upaya pengurangan emisi gas buang. Dari sisi akademik dan praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian ilmiah di bidang teknik otomotif serta menjadi rujukan bagi peneliti, pendidik, dan praktisi dalam pengembangan dan penerapan teknologi ECU pada kendaraan bermotor.

1. METODE

Objek penelitian ini adalah sepeda motor automatic berkapasitas 155 cc dengan sistem *Variable Valve Actuation* (VVA) yang menggunakan sistem injeksi bahan bakar elektronik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penggunaan berbagai jenis *Electronic Control Unit* (ECU) terhadap performa mesin, yang meliputi parameter torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar.

Data penelitian diperoleh melalui pengujian *eksperimental* langsung (data primer) dengan menggunakan *dynamometer* dan instrumen pendukung lainnya. Selain itu, data sekunder diperoleh dari literatur berupa jurnal ilmiah, buku teknik otomotif, serta spesifikasi teknis kendaraan dan ECU yang relevan dengan topik penelitian.

Perlakuan pada objek penelitian dilakukan dengan menerapkan tiga variasi ECU pada sepeda motor uji, yaitu ECU standar pabrikan (OEM), ECU standar yang telah diremap, dan ECU *aftermarket*. Variasi ini digunakan untuk mengevaluasi perbedaan performa mesin yang dihasilkan oleh masing-masing ECU.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah jenis ECU yang digunakan. Sementara itu, variabel tetap meliputi jenis sepeda motor, kondisi mesin yang masih standar, jenis bahan bakar yang digunakan

(Pertamax Turbo), sistem transmisi dan CVT standar pabrikan, tekanan ban, beban pengujian sebesar 70 kg, serta metode dan lokasi pengujian yang sama untuk seluruh perlakuan. Dengan pengendalian variabel tersebut, perubahan performa mesin yang terjadi dapat diasumsikan berasal dari perbedaan konfigurasi ECU.

Prosedur penelitian diawali dengan persiapan kendaraan dan alat uji, dilanjutkan dengan pemasangan ECU sesuai variasi yang ditentukan. Pengujian torsi dan daya dilakukan pada rentang putaran mesin 2000–8000 rpm dengan metode *full throttle*. Setiap jenis ECU diuji dengan parameter yang sama dan dilakukan pengulangan untuk memperoleh konsistensi data. Data konsumsi bahan bakar diukur dengan menghitung jarak tempuh untuk setiap 1 liter bahan bakar.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *dynamometer*, ECU *scanner*, laptop yang dilengkapi dengan perangkat lunak *remapping* ECU, kabel *interface* ECU, sensor AFR *wideband*, sensor suhu, *clamp* RPM, ceret takar bahan bakar, serta *toolkit* mekanik.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ECU standar pabrikan, ECU standar yang telah diremap, ECU *aftermarket* (Juken 5+), oli mesin standar pabrikan, dan bahan bakar Pertamax Turbo. Seluruh alat dan bahan digunakan secara konsisten untuk memastikan keandalan dan reproduibilitas hasil penelitian.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian diperoleh dari serangkaian pengujian terhadap variasi penggunaan ECU pada sepeda motor automatic berkapasitas 155 cc yang dilakukan secara terkontrol. Data yang disajikan dalam penelitian ini meliputi hasil pengukuran torsi, daya mesin, serta konsumsi bahan bakar untuk masing-masing jenis ECU, yaitu ECU standar pabrikan, ECU standar yang telah diremap, dan ECU *aftermarket*. Setiap konfigurasi ECU diuji sebanyak tiga kali dengan prosedur dan kondisi pengujian yang sama guna memastikan konsistensi, kestabilan, dan keandalan data yang diperoleh, sehingga hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar analisis perbandingan performa mesin secara objektif.

Tabel 1. Variabel Penelitian

Jenis Variabel	Nama Variabel	Indikator / Parameter yang Diukur	Satuan
Variabel Bebas	Jenis ECU	- ECU Standar	-
		- ECU Remap	
		- ECU <i>Aftermarket</i>	
Variabel Terikat	Torsi Mesin	Nilai torsi maksimum pada masing-masing jenis ECU	Nm
Variabel	Daya	Nilai daya	HP

Terikat	Mesin	maksimum pada masing-masing ECU	
Variabel Terikat	Air Fuel Ratio (AFR)	Nilai AFR pada setiap jenis ECU	Rasio
Variabel Terikat	Konsumsi Bahan Bakar	Estimasi efisiensi bahan bakar berdasarkan AFR	km/l
Variabel Kontrol	Kondisi Motor	Mesin standar, oli standar, filter udara standar	—
Variabel Kontrol	Berat Pengerendara	± 70 kg	kg
Variabel Kontrol	Bahan Bakar	Pertalite/Pertamax (sesuai pengujian)	—
Variabel Kontrol	Alat Pengujian	Dynotest & AFR Meter	—

2.1 Hasil Pengujian Ecu standar

Tabel 2. Hasil Pengujian

No	ECU	RPM Torsi	RPM Daya	Torsi (Nm)	Daya (HP)	AFR
1	ECU Standar	2792	6563	20.78	10.3	11,3
2	ECU Remap	2996	6858	20.78	10.7	12,3
3	ECU Aftermarket	2924	6112	21.38	11.8	12,3

Pengujian awal dilakukan menggunakan ECU standar (OEM) yang merupakan bawaan pabrik dari sepeda motor 155 cc VVA. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan baseline performa mesin sebelum dilakukan modifikasi pemetaan bahan bakar maupun pengapian. Pengujian dilaksanakan menggunakan alat *dynotest* dengan kondisi mesin standar pabrikan, bahan bakar Pertamina Turbo, dan beban pengendara sebesar 70 kg. Parameter utama yang diuji meliputi torsi (Nm), daya (HP), dan AFR pada rentang putaran 2000–7000 RPM.



Gambar 1. Grafik Torsi, Daya, Dan AFR, Ecu Standar

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh torsi maksimum sebesar 20,78 Nm pada 2.792 RPM, sedangkan daya maksimum mencapai 10,3 HP pada 6.563 RPM. Hasil tersebut menunjukkan karakter mesin yang kuat pada putaran rendah hingga menengah, sesuai dengan tujuan pabrikan untuk memberikan respons awal yang baik dan kenyamanan berkendara harian.

Grafik torsi memperlihatkan peningkatan yang tajam hingga mencapai puncaknya pada sekitar 2.700–3.000 RPM, kemudian turun secara bertahap seiring bertambahnya putaran mesin akibat menurunnya *volumetric efficiency* pada putaran tinggi. Pada grafik daya, peningkatan terlihat berlangsung lebih stabil karena daya merupakan fungsi dari torsi dan putaran mesin. Meskipun torsi mulai menurun setelah 3.000 RPM, daya masih terus meningkat hingga mencapai puncaknya pada sekitar 6.500 RPM. Hal ini wajar terjadi karena peningkatan RPM masih mampu mengimbangi penurunan torsi, sehingga daya tetap bertambah. Nilai AFR selama pengujian berada pada kisaran 11,1–17,8, dengan kecenderungan campuran boros (AFR lebih rendah dari stoikiometri 14,7) pada sebagian besar rentang putaran. Campuran kaya ini umum diterapkan pada ECU standar untuk menjaga temperatur pembakaran tetap aman, menghindari *knocking*, dan meningkatkan keawetan mesin.

Namun demikian, campuran yang terlalu kaya berpengaruh pada konsumsi bahan bakar yang sedikit lebih boros dan performa yang tidak maksimal pada putaran tinggi. Secara keseluruhan, ECU standar memberikan karakter tenaga yang halus, aman, dan stabil di putaran rendah, namun performanya mulai menurun pada RPM tinggi karena keterbatasan pemetaan bahan bakar dan pengapian bawaan pabrikan.

2.2 Hasil Pengujian Ecu Remap

Pengujian kedua dilakukan menggunakan ECU remap, yaitu ECU standar pabrikan yang telah dimodifikasi pada bagian pemetaan bahan bakar (*fuel mapping*) dan waktu pengapian (*ignition timing*). Tujuan dari *remapping* ini adalah untuk mengoptimalkan tenaga mesin tanpa mengorbankan efisiensi bahan bakar. Proses remap dilakukan

dengan menyesuaikan jumlah bahan bakar dan sudut pengapian agar pembakaran terjadi lebih cepat serta lebih sempurna di setiap putaran mesin. Pengujian dilakukan dengan metode yang sama seperti sebelumnya, yaitu menggunakan alat dynotest, bahan bakar Pertamina Turbo, dan beban pengendara sebesar 70 kg



Gambar 2. Grafik Torsi, Daya, dan AFR, Ecu

Standar Remap

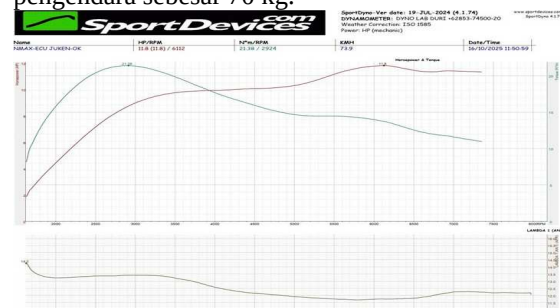
Berdasarkan hasil pengujian, nilai torsi maksimum yang diperoleh adalah 20,78 Nm pada 2996 RPM, sama seperti ECU standar. Namun, yang membedakan adalah kurva torsinya lebih stabil dan merata di seluruh rentang RPM. Ini menunjukkan bahwa penyetelan ulang pada *mapping* ECU berhasil menjaga suplai bahan bakar dan waktu pengapian tetap optimal dari putaran rendah hingga menengah. Untuk daya mesin, ECU remap menghasilkan daya maksimum 10,7 HP pada 6.858 RPM, Peningkatan ini terjadi karena penyesuaian pemetaan (*mapping*) membuat mesin lebih responsif di putaran tinggi, sehingga tenaga yang dihasilkan lebih optimal.

Pada pengujian AFR, ECU remap memiliki nilai rata-rata sekitar 12,3, lebih irit dibanding ECU standar yang berada pada 11,3, yang cenderung boros. AFR yang sedikit lebih tinggi ini memungkinkan pembakaran lebih efisien karena udara lebih banyak membantu bahan bakar terbakar secara lebih sempurna. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun campuran bahan bakar dibuat lebih irit, torsi tetap stabil (20,78 Nm pada 2.996 RPM), dan proses pembakaran berlangsung lebih sempurna. Hal ini menandakan adanya peningkatan efisiensi termal serta performa mesin secara keseluruhan.

2.3 Hasil Pengujian Ecu Aftermarket

Pengujian ketiga dilakukan menggunakan ECU *aftermarket*, yaitu unit kontrol elektronik yang diproduksi oleh pihak ketiga dan dirancang agar dapat diprogram secara bebas sesuai kebutuhan performa mesin. Berbeda dengan ECU standar maupun ECU remap, ECU *aftermarket* memungkinkan penyesuaian parameter yang jauh lebih luas, seperti waktu pengapian, durasi injeksi bahan bakar, hingga pembatas putaran mesin (*rev limiter*). Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui sejauh mana ECU *aftermarket* mampu meningkatkan performa sepeda motor 155 cc VVA

dalam hal torsi, daya, dan efisiensi pembakaran. Pengujian dilakukan dengan metode yang sama seperti sebelumnya, yaitu menggunakan alat *dynotest*, bahan bakar Pertamina Turbo, dan beban pengendara sebesar 70 kg.



Gambar 3. Grafik Torsi, Daya, dan AFR, Ecu

Aftermarket

Berdasarkan hasil pengujian, ECU *aftermarket* memberikan peningkatan performa paling signifikan dibandingkan dua konfigurasi ECU lainnya. Torsi maksimum yang dihasilkan mencapai 21,38 Nm pada 2.924 RPM, Kurva torsi lebih tinggi dan stabil di seluruh rentang putaran mesin, menunjukkan manajemen bahan bakar dan pengapian yang lebih *agresif* namun tetap efisien. Hal ini membuat tenaga mesin tidak cepat turun meskipun berada pada putaran tinggi.

Daya maksimum ECU *aftermarket* mencapai 11,8 HP pada 6.112 RPM, Peningkatan daya paling terlihat pada kisaran 5.000–6.500 RPM, di mana pembakaran berlangsung lebih ideal sehingga mesin lebih responsif, terutama saat throttle dibuka penuh. Pemetaan bahan bakar dan pengapian yang lebih *fleksibel* dan presisi pada ECU *aftermarket* memungkinkan mesin menghasilkan tenaga puncak yang lebih besar secara konsisten.

2.4 Perbandingan Torsi dan Daya pada ECU Standar, Remap, dan Aftermarket

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan performa mesin berupa torsi dan daya pada sepeda motor 155 cc VVA yang menggunakan tiga konfigurasi ECU, yaitu ECU standar, ECU remap, dan ECU *aftermarket*. Setiap ECU memiliki karakteristik pengaturan bahan bakar dan waktu pengapian yang berbeda sehingga menghasilkan kurva performa yang tidak sama. Pembahasan ini menguraikan hasil pengujian *dynotest* dari ketiga konfigurasi dan menganalisis perbedaan performa yang terjadi Berdasarkan hasil pengujian, torsi maksimum yang dihasilkan oleh masing-masing ECU adalah:

Tabel 3. Perbandingan Torsi

Konfigurasi	Torsi	RPM
ECU Standar	20.78	2792
ECU Remap	20.78	2996
ECU Aftermarket	21.38	2924

Menurut Kurniawan & Prasetya (2020) Analisis dilakukan dengan menghitung persentase perubahan menggunakan rumus yang telah ditetapkan pada penelitian, yaitu:

$$\text{Nilai Perubahan} = \frac{NJ-NS}{NS} \times 100\%$$

Dimana:

Nj : Nilai Hasil Uji

Ns : Nilai *Standart*

a. ECU Remap terhadap ECU Standar

$$\text{Torsi} = \frac{20,78 - 20,78}{20,78} \times 100\% = 0\%$$

b. ECU *Aftermarket* terhadap ECU Standar

$$\text{Torsi} = \frac{21,38 - 20,78}{20,78} \times 100\%$$

$$\text{Torsi} = \frac{0,60}{20,78} \times 100\% = 0,02887 \times 100\% =$$

2,89%

Berdasarkan hasil pengujian ECU *aftermarket* menghasilkan torsi maksimum tertinggi sebesar 21,38 Nm, meningkat sekitar 2,89% dibanding ECU standar, dengan puncak torsi terjadi pada RPM yang lebih rendah (± 2.924 RPM), sehingga respons mesin pada putaran rendah-menengah menjadi lebih baik. ECU remap menunjukkan torsi maksimum yang relatif sama dengan ECU standar, namun puncaknya sedikit bergeser ke RPM lebih tinggi (± 2.996 RPM), menandakan distribusi tenaga yang lebih merata di putaran menengah. Sementara itu, ECU standar mencapai puncak torsi pada sekitar 2.792 RPM dengan kenaikan yang lebih lambat. Peningkatan torsi pada ECU *aftermarket* disebabkan oleh pengaturan bahan bakar dan waktu pengapian yang lebih presisi dan agresif, sedangkan ECU remap masih dibatasi oleh konfigurasi dasar ECU standar.

Tabel 4. Perbandingan Daya

Konfigurasi	Daya	RPM
ECU Standar	10,3 HP	6563
ECU Remap	10,7 HP	6858
ECU <i>Aftermarket</i>	11,8 HP	6112

a. ECU Remap terhadap ECU Standar

1. Perubahan Daya

$$\text{Daya} = \frac{10,7 - 10,3}{10,3} \times 100\%$$

$$\text{Daya} = \frac{0,4}{10,3} \times 100\% = 3,88\%$$

b. ECU *Aftermarket* terhadap ECU Standar

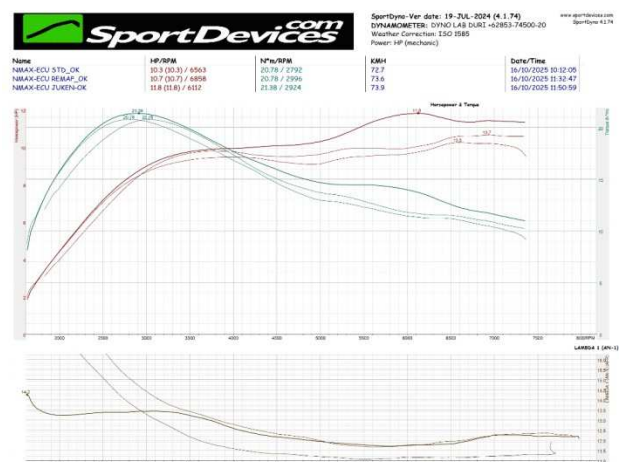
1. Perubahan Daya

$$\text{Daya} = \frac{11,8 - 10,3}{10,3} \times 100\%$$

$$\text{Daya} = \frac{1,5}{10,3} \times 100\% = 14,56\%$$

Berdasarkan hasil pengujian, ECU *aftermarket* memberikan peningkatan daya terbesar, yaitu sekitar 14,56% dibanding ECU standar. Daya maksimum pada ECU *aftermarket* terjadi pada 6.112 RPM, lebih rendah dibanding ECU standar (6.563 RPM) dan ECU remap (6.858 RPM), menunjukkan pembakaran lebih efisien dan timing pengapian lebih optimal.

Sementara itu, ECU remap meningkatkan daya sekitar 3,88% dibanding ECU standar, namun peningkatan ini bersifat moderat karena masih mempertahankan sebagian pengaturan bawaan pabrik.



Gambar 4. Perbandingan Ecu

Berdasarkan hasil pengujian, ECU *aftermarket* memberikan peningkatan performa paling besar, baik untuk torsi maupun daya, dibandingkan dua jenis ECU lainnya. ECU remap juga meningkatkan performa, tetapi tidak sebanyak *aftermarket*, meskipun tetap lebih baik daripada ECU standar. Sedangkan ECU standar menghasilkan performa paling rendah karena dibatasi oleh pengaturan bawaan pabrik. Dari segi respons mesin, ECU *aftermarket* membuat akselerasi lebih cepat dan tenaga terasa lebih penuh, ECU remap memberikan peningkatan yang cukup merata, sedangkan ECU standar tetap stabil tetapi terasa kurang bertenaga. Dengan demikian, dari sisi performa mesin, ECU *aftermarket* merupakan pilihan yang paling baik untuk sepeda motor 155 cc VVA.

2.5 Konsumsi bahan bakar

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan *fuel to fuel* konsumsi bahan bakar diukur secara langsung dengan mencatat volume bahan bakar yang terpakai selama pengujian mesin pada RPM tertentu. Metode ini memberikan data empiris yang lebih akurat dibanding perhitungan AFR teoritis, karena memperhitungkan kondisi nyata mesin dan injeksi bahan bakar.

Pada ECU standar, rata-rata konsumsi bahan bakar tercatat 40,00 km/l. Campuran udara-bahan bakar yang dihasilkan cukup kaya (*rich*) untuk menjaga suhu pembakaran tetap rendah dan mesin bekerja aman. Namun, pembakaran belum sepenuhnya efisien karena sebagian bahan bakar tidak terbakar sempurna, sehingga konsumsi lebih tinggi.

Sementara itu, ECU remap dan ECU *aftermarket* (Juken) disetel dengan karakteristik campuran lebih irit (*lean*), dan pengukuran *fuel to fuel* menunjukkan konsumsi meningkat menjadi 43,0 km/l untuk remap dan 43,20 km/l untuk *aftermarket*. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun bahan bakar yang disuplai lebih sedikit, pembakaran berlangsung lebih sempurna karena udara yang lebih banyak dalam campuran memungkinkan bahan bakar terbakar optimal.

Efisiensi tertinggi dicapai oleh ECU *aftermarket*, karena selain campuran *lean*, pengaturan injeksi bahan bakar dan pengapian lebih presisi, serta respon sensor lebih cepat. Akibatnya, tekanan pembakaran puncak terjadi tepat setelah piston melewati TMA (titik mati atas), menghasilkan tenaga dan torsi yang lebih besar sekaligus konsumsi bahan bakar paling hemat. ECU remap juga menunjukkan peningkatan efisiensi dibanding standar, meskipun karakter tenaga lebih halus dan distribusi tenaga lebih merata.

Tabel 5. Konsumsi Bahan Bakar

Jenis ECU	AFR	Konsumsi (km/l)
ECU Standar	11,3	40,00
ECU Remap	12,3	43,00
ECU Aftermarket	12,3	43,20

Berdasarkan pengukuran, peningkatan konsumsi bahan bakar menggunakan *fuel to fuel* menunjukkan bahwa ECU remap lebih hemat sekitar 7,5% dibanding ECU standar, sedangkan ECU *aftermarket* lebih hemat hingga 8%, walaupun AFR sama-sama 12,3. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan pemetaan injeksi dan pengapian, yang membuat ECU *aftermarket* mampu memanfaatkan campuran udara-bahan bakar lebih efektif. Perhitungan persentase ini dilakukan dengan membandingkan konsumsi aktual masing-masing ECU terhadap konsumsi ECU

$$\text{Presentase hemat} = \frac{\text{Konsumsi ecu-konsumsi}}{\text{Konsumsi standar}}$$

1. Ecu remap

$$\text{Presentase hemat} = \frac{43,00 - 40,00}{40,00} \times 100\% = 7,5\%$$

2. Ecu Aftermarket

$$\text{Presentase hemat} = \frac{43,20 - 40,00}{40,00} \times 100\% = 8\%$$

Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian sebelumnya, seperti Doni Saputra (2020) dan Fahmi Alamsyah (2022), yang menunjukkan bahwa pengaturan AFR lebih *lean* meningkatkan efisiensi pembakaran tanpa menurunkan performa mesin. Selain itu, Andre Siregar (2019) menegaskan bahwa ECU *aftermarket* dengan sistem kontrol lebih cepat menghasilkan efisiensi termal lebih tinggi dibanding ECU standar. Dengan demikian, penggunaan *Fuel to Fuel* memberikan data konsumsi bahan bakar yang akurat sekaligus menegaskan bahwa ECU *aftermarket* adalah konfigurasi paling hemat dan paling bertenaga, diikuti ECU remap, sementara ECU standar tetap paling boros.

2.6 Pembahasan Variabel Penelitian

Pembahasan dalam penelitian ini menjelaskan hubungan antara variabel bebas berupa jenis ECU (ECU standar, ECU remap, dan ECU *aftermarket*) terhadap variabel terikat yang meliputi torsi, daya, *Air Fuel Ratio* (AFR), dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor automatic 155 cc VVA dalam kondisi standar. Hasil pengujian *dynotest* menunjukkan bahwa perubahan pemetaan ECU secara langsung memengaruhi karakter pembakaran dan performa mesin. ECU standar menghasilkan torsi maksimum 20,78 Nm pada 2.792 RPM dengan karakter kuat di putaran rendah, sesuai dengan setelan pabrik yang mengutamakan kenyamanan dan keawetan mesin. ECU remap menghasilkan torsi puncak yang sama, namun dengan kurva yang lebih stabil di putaran menengah hingga tinggi akibat setelan AFR yang lebih irit, sehingga pembakaran menjadi lebih efisien.

Pada ECU *aftermarket*, torsi maksimum meningkat menjadi 21,38 Nm dengan respons mesin yang lebih cepat, menunjukkan bahwa pengaturan pengapian dan injeksi bekerja lebih presisi meskipun AFR juga disetel lebih irit. Dari sisi daya, ECU standar menghasilkan daya maksimum 10,3 HP pada 6.500 RPM, ECU remap meningkat menjadi 10,7 HP, dan ECU *aftermarket* mencapai 11,8 HP. Peningkatan daya pada ECU remap dan terutama ECU *aftermarket* menunjukkan bahwa AFR yang lebih mendekati ideal (*lean* ringan) mampu meningkatkan efisiensi pembakaran. Dengan suplai udara yang cukup dan waktu pengapian yang tepat, tekanan pembakaran dalam silinder meningkat sehingga daya mesin dapat bertambah meskipun campuran bahan bakar lebih hemat.

Grafik AFR ketiga ECU memperlihatkan pola yang sesuai dengan teori pembakaran mesin. ECU standar bekerja dengan campuran kaya (sekitar AFR 11,3) pada putaran tinggi untuk menjaga suhu pembakaran dan mencegah knocking, sedangkan ECU remap dan ECU *aftermarket* menggunakan AFR lebih *lean* (sekitar 12,3). Hasil pengujian menunjukkan bahwa setelan AFR yang lebih ideal mampu meningkatkan efisiensi termal dan performa mesin selama diimbangi pengaturan pengapian yang

tepat. Secara keseluruhan, jenis ECU terbukti berpengaruh signifikan terhadap torsi, daya, dan efisiensi pembakaran, di mana ECU standar menekankan keamanan, ECU remap meningkatkan efisiensi dengan performa stabil, dan ECU *aftermarket* memberikan kombinasi terbaik antara efisiensi dan peningkatan performa, sejalan dengan temuan penelitian terdahulu.

3. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai “Analisis Pengaruh ECU Standar, ECU Remap, dan ECU Aftermarket terhadap Torsi, Daya, dan Konsumsi Bahan Bakar pada Sepeda Motor Automatic Kapasitas Silinder 155 cc VVA”, maka dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu Setelah seluruh tahapan remap ECU standar pabrikan dilakukan, mulai dari pelepasan ECU, penandaan titik bobok, backup data, identifikasi peta bahan bakar, pengubahan AFR, flashing file yang sudah diedit, hingga pengujian di motor dan test ride, proses remap terbukti berhasil menyesuaikan karakter mesin. AFR berhasil diubah dari 11,3 menjadi sekitar 12,3 sehingga pembakaran menjadi lebih efisien tanpa menurunkan torsi dan daya mesin. Pengujian di dynotest mesin lebih responsif, akselerasi lebih halus, dan suhu kerja tetap aman. *Fine tuning* yang dilakukan pada tahap akhir memastikan performa mesin optimal di seluruh rentang putaran, sekaligus menjaga keamanan dan stabilitas operasional mesin. Dengan demikian, remap ECU tidak hanya mengubah peta bahan bakar, tetapi juga menyelesaikan penyesuaian performa mesin secara menyeluruh, menghasilkan keseimbangan antara efisiensi bahan bakar, tenaga, dan respons mesin.

Perbandingan ketiga konfigurasi ECU pada sepeda motor 155 cc VVA menunjukkan perbedaan signifikan pada torsi, daya, dan *respons* mesin. ECU *aftermarket* memberikan performa tertinggi, dengan torsi maksimum 21,38 Nm pada 2.924 RPM (naik sekitar 2,89% dibanding ECU standar) dan daya maksimum 11,8 HP pada 6.112 RPM (naik sekitar 14,56%), berkat kontrol bahan bakar dan pengapian yang lebih presisi sehingga pembakaran lebih efisien dan akselerasi lebih *responsif*. ECU remap memberikan peningkatan moderat, dengan torsi maksimum tetap 20,78 Nm pada 2.996 RPM dan daya maksimum 10,7 HP pada 6.858 RPM, lebih baik dibanding ECU standar tetapi tidak sebesar *aftermarket*. ECU standar memiliki torsi dan daya terendah (20,78 Nm pada 2.792 RPM dan 10,2 HP pada 6.563 RPM), karena dibatasi pengaturan bawaan pabrikan sehingga *akselerasi* dan *respons* mesin lebih lambat. Secara keseluruhan, ECU *aftermarket* merupakan pilihan terbaik untuk meningkatkan performa, diikuti ECU remap, sedangkan ECU standar tetap stabil tetapi performanya paling terbatas.

ECU *aftermarket* menunjukkan efisiensi bahan bakar tertinggi, dengan konsumsi mencapai 43,20 km/l atau lebih hemat sekitar 8% dibanding ECU standar (40,00 km/l), meskipun AFR sama-sama 12,3. ECU remap juga menunjukkan peningkatan efisiensi, mencapai 43,00 km/l atau lebih hemat sekitar 7,5% dibanding ECU standar.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dengan penuh rasa syukur, penulis memanjatkan puji dan terima kasih ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan kekuatan- Nya sehingga penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan kepada Bapak Firman Alhafis, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama proses penelitian dan penulisan. Apresiasi juga penulis berikan kepada seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bengkalis atas ilmu dan bantuan yang telah diberikan, rekan- rekan mahasiswa yang senantiasa memberikan semangat, serta keluarga tercinta yang selalu mendoakan, memberi dukungan moril maupun materil, dan menjadi sumber inspirasi. Penulis juga menghaturkan terima kasih kepada semua pihak yang turut membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung. Semoga segala bantuan dan kebaikan tersebut mendapat ganjaran yang berlipat ganda dari Allah SWT.

DAFTAR PUSTAKA

- A. F. Ahmad, *ECU (Engine Control Unit)*, 2021.
- D. B. Wilantara, D. W. Bahtiar, dan M. Syarifudin, “Pelatihan kompetensi engine management system untuk siswa jurusan teknik kendaraan ringan SMK Sukawati Sragen,” *JURPIKAT (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, vol. 4, no. 3, pp. 636–642, 2023.
- M. Hanipah, M. Rosli, dan A. Razali, “Flexible valve timing strategies for boosting a small four-stroke spark-ignition engine performance,” *SAE Technical Paper* 2019-32-0591, 2020.
- F. H. Pratama, A. Abidin, M. H. Bahri, dan Tim Teknik Mesin UM Jember, “Analisis performa sepeda motor sistem injeksi 110 cc menggunakan ECU standar dan ECU standar remap,” *Journal of Engineering Science and Technology (JESTY)*, vol. 2, no. 2, pp. 46–52, 2024.
- R. Lapisa, R. Paslah, Andrizal, dan N. Hidayat, “Penggunaan ECU standar dan remap pada motor Honda Beat PGM-FI tahun 2014 terhadap torsi, tenaga, konsumsi bahan bakar, dan emisi gas buang,” *Ensiklopedia of Journal*, vol. 5, no. 3, pp. 46–51, 2023.

- I. Maruf, *Pengaruh ECU standar dan ECU racing terhadap performa motor bensin Yamaha Vixion 150 cc*, 2022.
- N. Saidatin, A. B. Adirama, I. P. Putra, dan H. S. Maulana, "Analisa eksperimental pengaruh ignition timing dan injector timing terhadap performansi serta emisi gas buang pada mesin sepeda motor," dalam *Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan (Senastitan IV)*, vol. 4, pp. 1–8, 2024.
- B. Setiadi, Y. R. Permana, dan V. Hadi, "Analisis perbandingan performa menggunakan electronic control unit (ECU) standar dan ECU racing (BRT Juken 5+) pada sepeda motor mesin K56 E1 DOHC 4 langkah 150 cc," *Sainstech: Jurnal Penelitian dan Pengkajian Sains dan Teknologi*, vol. 34, no. 1, pp. 64–71, 2024.
- M. Setiyo dan L. Utoro, "Re-mapping engine control unit (ECU) untuk menaikkan performa mesin," *Jurnal Mesin Teknologi (SINTEK)*, vol. 11, no. 2, pp. 62–68, 2017.
- A. D. Soewono, M. Darmawan, dan J. Halim, "Kajian eksperimental pengaruh penggunaan electronic control unit aftermarket pada daya, torsi, emisi, dan konsumsi bahan bakar sepeda motor 150 cc," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 2, pp. 487–497, 2023, doi:10.21776/jrm.v14i2.1276.
- L. Widiyanto, "Pengaruh perubahan remapping ECU terhadap torsi dan daya pada sepeda motor Honda CB 150R," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, pp. 19–23, 2022.
- L. Warguła, P. Kaczmarzyk, B. Wieczorek, L. Gierz, D. Małozieć, T. Góral, *et al.*, "Identification of the problem in controlling the air–fuel mixture ratio (lambda coefficient) in small spark-ignition engines for positive pressure ventilators," *Energies*, vol. 17, no. 17, p. 4241, 2024.