



Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lambung Mangkurat
Jl. Jenderal Achmad Yani KM 35,5 Banjarbaru, Kalimantan Selatan-70714 Telp-Fax : 0511-4773858
email: kinematika@ulm.ac.id

PENGARUH SUDUT PENGAPIAN DAN DURASI INJEKSI PENGGUNAAN ECU BERBASIS ARDUINO TERHADAP PERFORMA MOTOR 110CC FI

THE INFLUENCE OF IGNITION TIMING AND INJECTION DURATION USING ARDUINO-BASED ECU ON THE PERFORMANCE OF A 110CC FI ENGINE

Tabah M. Khadri¹⁾, Taufik W. Saputra²⁾, Danar S. Wijayanto³⁾

^{1,2,3} Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia
email: tabahmuhamadk80@student.uns.ac.id¹⁾, taufikwisnusaputra@staff.uns.ac.id²⁾,
danarsw@staff.uns.ac.id³⁾

Received:
28 Mei 2024

Accepted:
10 Juli 2024

Published:
19 Juli 2024



Abstrak

Kemajuan teknologi otomotif di Indonesia berkembang pesat. Produksi sepeda motor yang meningkat, mencapai 5.057.516 unit pada tahun 2021 menurut data dari AISI. Pabrikan otomotif menghadirkan model dengan sistem pengapian injeksi menggunakan *Electronic Control Unit*. ECU berfungsi mengatur aktuator berdasarkan *input* yang diterima. ECU *Programmable* berbasis *Arduino* tersedia di pasaran yang digunakan untuk meningkatkan performa kendaraan. Beberapa *variable* yang perlu disesuaikan yaitu variasi sudut pengapian, injeksi bahan bakar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sudut pengapian dan durasi injeksi bahan bakar menggunakan ECU *programmable* berbasis *Arduino* terhadap torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar sepeda motor 110cc FI, serta menemukan variasi terbaik untuk hasil optimal. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pengujian ECU *Programmable* berbasis *Arduino* dibandingkan ECU standar pada Honda Vario 110cc FI 2014. Pengujian dilakukan dengan penambahan variasi sudut pengapian +2°, +4°, +6°, +8°, +10° sebelum TMA dari standar dan ditambah variasi durasi injeksi bahan bakar +5%, +10%, +15%. Hasil dari pengujian ECU berbasis *Arduino* mendapatkan torsi tertinggi pada variasi sudut pengapian +4° dan durasi injeksi +5% sebesar 16,98 N.m, daya maksimum pada sudut +2° dan injeksi +10% sebesar 7,03, dan konsumsi bahan bakar optimal pada sudut pengapian +2° dan injeksi +5% sebesar 4,15 ml/menit dari ECU standar.

Kata Kunci: ECU *Programmable*, sudut pengapian, durasi injeksi, konsumsi bahan bakar

Abstract

The advancement of automotive technology in Indonesia has been rapid, particularly in motorcycle production, which reached 5,057,516 units in 2021 according to AISI data. Manufacturers now introduce models equipped with injection ignition systems using *Electronic Control Units*. These ECUs control actuators based on the inputs they receive. *Arduino*-based *programmable* ECUs are available to improve performance by adjusting ignition timing and fuel injection duration. This research aims to determine the impact of these adjustments on the torque, power, and fuel consumption of 110-cc FI motorcycle to find the best variations for optimal results. An experimental method was used,

testing the Arduino-based programmable ECU against the standard ECU on 2014 Honda Vario 110-cc FI. Tests included variations in ignition timing of $+2^{\circ}$, $+4^{\circ}$, $+6^{\circ}$, $+8^{\circ}$, $+10^{\circ}$ degrees before TDC from the standard and fuel injection duration variations of $+5\%$, $+10\%$, and $+15\%$. The highest torque was achieved with ignition timing variation of $+4^{\circ}$ degrees and injection duration of $+5\%$, reaching 16.98 N.m. Maximum power was observed at $+20$ degrees timing and $+10\%$ injection, reaching 7.03 horsepower. Optimal fuel consumption was found at ignition timing of $+2^{\circ}$ degrees and injection duration of $+5\%$, with rate of 4.15 ml/min, compared to the standard ECU.

Keywords: programmable ECU, ignition timing, injection duration, fuel consumption.

DOI: 10.20527/sjmekinematika.v9i2.317

How to cite: Khadri, T. M., Saputra, T. W., & Wijayanto, D. S., "Pengaruh Sudut Pengapian dan Durasi Injeksi Penggunaan ECU Berbasis Arduino terhadap Performa Motor 110cc FI". *Scientific Journal of Mechanical Engineering Kinematika*, 9(2), 117-128, 2024.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi pada masa ini, khususnya di bidang otomotif di Indonesia semakin berkembang sangat pesat, dimana salah satunya diterapkan pada kendaraan bermotor yang memunculkan berbagai variasi. Dari tahun ke tahun produksi sepeda motor di dalam negeri semakin meningkat, menurut data dari AISI (Asosiasi Industri Sepeda Motor Indonesia) menyatakan bahwa pada tahun 2021 penjualan sepeda motor di Indonesia sebesar 5.057.516 unit. Jumlah angka sepeda motor ini kemudian mulai meningkat di tahun 2022 dimana sepeda motor yang didistribusikan di Indonesia mencapai 5.221.470 unit atau naik sekitar 3,24% dibandingkan tahun 2021 dengan berbagai merk sepeda motor.

Di lain sisi perkembangan kendaraan sepeda motor yang semakin meningkat, khususnya pada dunia balap saat ini juga saling bersaing untuk menghasilkan produk motor yang mempunyai kecepatan dan performa mesin yang optimal. Di dunia balap sendiri, untuk mendapatkan laju kendaraan yang maksimal membutuhkan torsi dan daya yang optimal dengan pengapian yang baik dan bahan bakar yang sesuai[1]. Perkembangan yang paling terlihat di dunia balap ditunjukkan pada teknologi *EFI* (*Elektronik Fuel Injection*). Banyak pengguna kendaraan yang beralih dari teknologi karburator ke teknologi *EFI*. Tujuan *EFI* dibuat untuk menutupi kekurangan dari sistem bahan bakar yang masih konvensional dengan menggunakan karburator[2]. Secara umum, penggantian sistem bahan bakar konvensional beralih ke penggunaan sistem *EFI* ditujukan agar dapat memperoleh performa dan *power* mesin yang optimal, akselerasi kendaraan yang stabil di saat putaran mesinnya hidup dan penggunaan bahan bakar yang lebih optimal[3].

Pada saat ini banyak pabrikan otomotif dan dunia balap yang saling bersaing untuk mengeluarkan berbagai model untuk sistem pengapian diantaranya sistem pengapian injeksi dengan menggunakan ECU (*Electronic Control Unit*)[4]. ECU sebagai komponen dalam sistem injeksi, yang berfungsi sebagai otak untuk mengatur aktuator akibat *input* respons yang diberikan. Penggunaan ECU asli dari motor merupakan jenis ECU yang *non-programmable* yang sudah paten bahkan tidak dapat dilakukan perubahan pada setiap *variable* di dalamnya. Selain itu, di pasaran dunia otomotif terdapat juga ECU *Programmable* berbasis *arduino* yang akan berperan aktif dalam meningkatkan performa kendaraan. *Arduino* sendiri merupakan sebuah papan elektronik atau pengendali mikro yang bersifat *open source* dengan memiliki perangkat keras dan lunak yang mengandung *microcontroller*[5].

Dalam meningkatkan kinerja mesin kendaraan, seperti meningkatkan tenaga dan torsi, serta memperbaiki respons gas dan pengoperasian mesin dilakukan proses pengaturan ulang program ECU. Beberapa *variable* yang perlu disesuaikan antara lain variasi sudut

pengapian, injeksi bahan bakar dan sebagainya. Sementara itu, pada pemilihan bahan bakar yang digunakan dapat mempengaruhi konsumsi bahan bakar kendaraan. Bahan bakar yang lebih rendah kualitasnya atau tidak sesuai dengan spesifikasi mesin dapat mengurangi efisiensi mesin dan meningkatkan konsumsi bahan bakar[6]. Selain itu, penggunaan bahan bakar dengan kualitas yang lebih tinggi dan sesuai dengan spesifikasi mesin dapat meningkatkan efisiensi mesin dan mengurangi konsumsi bahan bakar. Namun penggunaan bahan bakar yang lebih mahal juga dapat mempengaruhi biaya operasional kendaraan. Bahan bakar ini dapat memuat energi panas yang nantinya akan dilepas apabila dioksidasikan dan nantinya dibakar[7].

Bahan bakar pertamax merupakan bahan bakar untuk kendaraan yang mensyaratkan penggunaan bahan bakar tanpa timbal dan beroktan tinggi[8]. Pertamax ini dianjurkan untuk digunakan untuk kendaraan bahan bakar yang memiliki perbandingan kompresi tinggi[9]. Pertamax mempunyai minimal 92 angka oktan riset atau RON (*Research Octan Number*) berstandar internasional[10]. Pada saat ini, dengan banyaknya sepeda motor yang ada di Indonesia mengakibatkan penggunaan BBM yang meningkat. Sementara pada tahun 2021 menurut Direktorat Jendral Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral angka konsumsi untuk Bahan Bakar Minyak nasional jenis RON 88 mencapai 2.392.543 kiloliter. Tentunya hal ini tidak sebanding dengan energi fosil sebagai bahan baku BBM telah menipis yang akan mengakibatkan BBM yang lambat laun akan berkurang. Oleh sebab itu, pentingnya penelitian ini dilakukan, guna mengetahui torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar dengan menggunakan ECU *programmable* berbasis *arduino*.

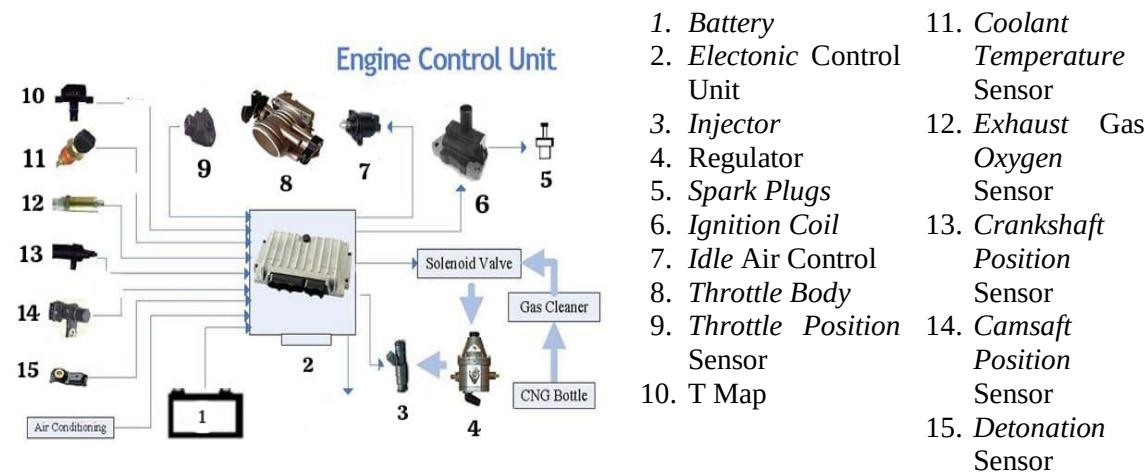
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, observasi, dan dokumentasi langsung. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode yang sengaja dan sistematis dalam melakukan perlakuan dan pengamatan terhadap variabel yang diteliti. Pada penelitian ini dilakukan pemasangan ECU berbasis *arduino* pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014, pengambilan data, dan analisis data. Pengumpulan data dilakukan melalui penelitian langsung pada objek penelitian. Pengujian stasioner dilakukan dengan menggunakan alat *stopwatch* dengan rentan waktu 20 menit setiap kali uji dengan posisi menaikkan putaran mesin sepeda motor pada kecepatan 2000 RPM. Pengambilan data dilakukan dengan tiga kali repetisi pada setiap variasi sudut pengapian dan durasi injeksi bahan bakar dengan diambil nilai rata-rata untuk mendapatkan hasil akhir. Uji jalan dilakukan untuk mendapatkan hasil konsumsi bahan bakar pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 pada saat posisi standar dan saat menggunakan ECU *Programmable* berbasis *arduino*. Pada pengujian jalan dilakukan dengan cara mengendarai sepeda motor pada kecepatan konstan 40km/jam dengan jarak 750 meter.

Berdasarkan penelitian sebelumnya diperoleh bahwa penggunaan ECU *Programmable* sangat mempengaruhi torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar, pada penelitian ini bahan bakar yang digunakan adalah RON 92 atau pertamax. Variabel dalam penelitian ini terdiri atas variabel terikat yaitu torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar, variabel bebas yaitu sudut pengapian dengan variasi $+2^{\circ}$, $+4^{\circ}$, $+6^{\circ}$, $+8^{\circ}$, $+10^{\circ}$ BTDC dan durasi injeksi bahan bakar $+5\%$, $+10\%$, $+15\%$ beserta variabel kontrol yaitu sepeda motor vario 110cc FI, *Dynamometer*, Bahan bakar RON 92 atau pertamax dari SPBU.

Gambar 1 merupakan rangkaian dari ECU pada kendaraan EFI, dimana dalam menyelesaikan tugasnya, ECU mengandalkan informasi dari berbagai sensor yang telah terpasang dan kemudian mengikuti program yang telah diprogram sebelumnya (pemetaan) untuk menentukan luaran yang diinginkan. Pengujian dilaksanakan dengan melakukan analisis terhadap pengaruh variasi sudut pengapian $+2^{\circ}$, $+4^{\circ}$, $+6^{\circ}$, $+8^{\circ}$, $+10^{\circ}$ dan durasi injeksi bahan bakar $+5\%$, $+10\%$, $+15\%$ penggunaan ECU *Programmable* berbasis *arduino* terhadap

torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014. Data diambil dari setiap objek penelitian menggunakan alat dan metode yang berbeda. Pengambilan data untuk menguji torsi dan daya dilakukan menggunakan *dynotest*, sedangkan pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan dengan uji stasioner dan uji jalan. Selanjutnya, data yang telah terkumpul dianalisis dan diolah menggunakan teknik deskriptif komparatif. Tahap akhir dari penelitian ini melibatkan penyimpulan berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan. Gambar serta spesifikasi pada sampel penelitian ini yaitu motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 yang dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 1 berikut ini:



Gambar 1. Skema elektronik control unit



Gambar 2. Motor honda vario 110cc FI 2014

Tabel 1. Spesifikasi Motor Honda Vario 110cc 2014

Tipe Mesin	:	4 langkah OHC, pendingin udara
Jumlah / Posisi <i>Cylinder</i>	:	<i>Cylinder</i> Tunggal / Tegak
Diameter x Langkah	:	50 X 55 mm
Perbandingan Kompresi	:	9,2 : 1
Daya	:	8,7 PS / 7.500 RPM
Torsi	:	9,1 Nm/6.000 RPM
Sistem Starter	:	Pedal dan elektrik
Sistem Bahan Bakar	:	<i>Fuel Injection</i>

Sudut Pengapian

Sudut pengapian dapat dijelaskan sebagai proses saat percikan bunga api muncul pada busi atau bisa dianggap sebagai awal proses pembakaran, yaitu beberapa derajat sebelum mencapai titik mati atas (TMA) pada akhir langkah kompresi. sudut pengapian bisa dipahami sebagai waktu penyalaan saat ketika bunga api melompat di dalam busi, atau dengan kata lain proses awal pembakaran dimulai. Waktu penyalaan adalah saat dimana bunga api dipercikkan oleh busi untuk membakar campuran udara dan bahan bakar yang akan dekompresikan sehingga menghasilkan tekanan oleh piston guna mendapatkan langkah kerja dari mesin tersebut. Sudut pengapian dinyatakan dalam satuan derajat ($^{\circ}$), untuk mendapatkan hasil keluaran maksimum dari mesin, dengan tekanan pembakaran mencapai puncak tertinggi sekitar 10° setelah *Top Dead Center* (TDC). Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mencapai kinerja mesin yang optimal. Namun, karena adanya waktu yang diperlukan untuk perambatan api, maka campuran udara-bahan bakar harus dibakar sebelum mencapai TMA[11].

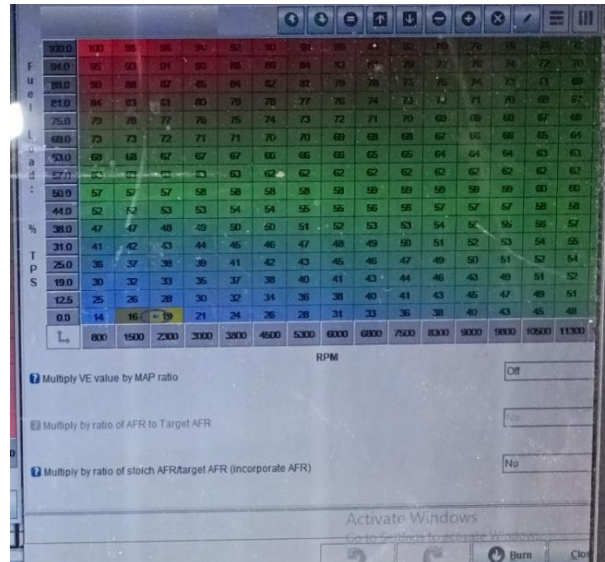
The screenshot shows the 'Ignition Advance Table' window. It features a grid where the vertical axis represents Throttle Position (T.P.S) from 0.0 to 100.0, and the horizontal axis represents RPM from 1000 to 12000. The grid cells contain numerical values representing the ignition advance in degrees. For example, at 100.0% T.P.S and 1000 RPM, the value is 10.0. At 0.0% T.P.S and 1000 RPM, the value is 10.0. The values generally decrease as RPM increases and T.P.S decreases. The interface includes various control buttons at the top and bottom, such as 'Burn', 'Close', and status indicators for engine parameters.

Gambar 3. Sudut pengapian

Gambar 3 menunjukkan cara pengaturan sudut pengapian pada aplikasi tuner ms menggunakan ECU berbasis *Arduino*. Dalam penelitian ini, dilakukan penggantian ECU pada Honda Vario 110cc FI tahun 2014 dengan menggunakan ECU *programmable* berbasis *Arduino*. Selain itu, dilakukan juga pemetaan (*mapping*) pada sudut pengapian dengan variasi $+2^{\circ}$, $+4^{\circ}$, $+6^{\circ}$, $+8^{\circ}$, $+10^{\circ}$ *Before Top Dead Center* (BTDC).

Durasi Injeksi Bahan Bakar

lamanya *injector* menginjeksikan bahan bakar ke dalam ruang bakar di setiap silinder disebut sebagai waktu injeksi. Lamanya saat durasi injeksi bahan bakar menentukan jumlah bahan bakar yang masuk ke ruang bakar saat diinjeksikan, sehingga perlu dilakukan pengaturan durasi injeksi dari keadaan standarnya[12]. Hal ini, dapat meningkatkan kinerja mesin menjadi lebih optimal dari pada saat menggunakan pengaturan standar. Penyesuaian durasi injeksi dapat mempengaruhi parameter seperti tundaan pengapian dan durasi pembakaran yang akhirnya mempengaruhi efisiensi mesin dan emisi[13].



Gambar 4. Durasi injeksi bahan bakar

Gambar 4 menunjukkan cara pengaturan durasi injeksi bahan bakar pada aplikasi tuner ms menggunakan ECU berbasis *Arduino*. Dalam penelitian ini, dilakukan penggantian ECU pada Honda Vario 110cc FI tahun 2014 dengan menggunakan ECU *programable* berbasis *Arduino*. Selain itu, dilakukan penambahan variasi durasi injeksi bahan bakar +5%, +10%, +15% dari kondisi standar.

Konsumsi Bahan Bakar

Bahan bakar adalah material atau bahan yang dapat diubah menjadi suatu energi dimana bahan bakar di dalamnya mengandung energi panas yang dapat dilepaskan dengan dibakar. Pertamina memproduksi berbagai jenis bensin seperti Premium, Pertamax, atau Pertamax Plus, yang memiliki tingkat oktan yang berbeda, yaitu RON 91, RON 92 dan RON 98 secara berturut-turut. Kualitas bahan bakar ditunjukkan dengan angka oktannya apabila semakin tinggi angka oktannya maka semakin baik juga kualitas bahan bakar tersebut, sehingga dapat meningkatkan performa kendaraan dan menjadikan pembakarannya lebih sempurna sehingga didapatkan konsumsi bahan bakar menjadi lebih irit[14].

Pada penelitian ini pengujian konsumsi bahan bakar dibagi menjadi dua pengujian yaitu pengujian stasioner dan pengujian jalan. Saat pengujian stasioner, kendaraan dihidupkan selama 20 menit dengan putaran mesin 2000 RPM, saat waktu sudah mencapai 20 menit kendaraan dimatikan dan diukur bahan bakar dari tangki cadangan yang sebelumnya sudah diisi bahan bakar sebanyak 1 liter. Pengujian konsumsi bahan bakar yang kedua dengan pengujian jalan. Kendaraan diuji pada posisi jalan yang lurus dengan kecepatan 40 Km/Jam secara konstan dengan jarak 750 meter. Setelah itu dilakukan pengukuran bahan bakar yang tersisa di dalam tangki tersebut.

Perhitungan Torsi dan Daya

Torsi

Di dalam kendaraan bermotor pembakaran menghasilkan gaya untuk mendorong torak, dimana gaya tersebut selanjutnya mendorong poros engkol pada posisi tertentu. Torak dan poros engkol ini yang akan menimbulkan gaya putar atau disebut torsi. Torsi berperan penting saat kendaraan melakukan akselerasi atau kendaraan akan bergerak dari keadaan diam[15]. Torsi yang dihasilkan oleh mesin pembakaran dipengaruhi oleh berbagai faktor

seperti sifat bahan bakar, karakteristik pembakaran, dan desain mesin[16]. Rumus untuk mencari daya dapat dilakukan menggunakan persamaan (1):

$$T = \frac{5252 \times Ne}{n} \quad (1)$$

Dimana T adalah torsi besaran dari satuan Newton meter (N.m), Ne adalah daya (HP), n adalah putaran mesin (RPM)[17].

Daya

Daya merupakan parameter yang terdapat pada sebuah kendaraan bermotor yang didefinisikan sebagai *power* dengan satuan *horsepower*[18]. Dimana, daya yang dihasilkan kendaraan dipengaruhi oleh jumlah putaran (RPM) dan nilai dari momen putar atau torsi kendaraan[19]. Semakin tinggi kecepatan putaran mesin, daya yang dihasilkan juga semakin meningkat, begitu juga dengan momen putar motornya akan dipengaruhi daya yang dihasilkan. Rumus untuk mencari daya dapat dilakukan menggunakan persamaan (2):

$$P = \left(\frac{n \times T}{5252} \right) \quad (2)$$

Dimana P adalah daya mesin (HP), n adalah putaran mesin (RPM), T adalah torsi mesin (N.m).

HASIL DAN PEMBAHASAN

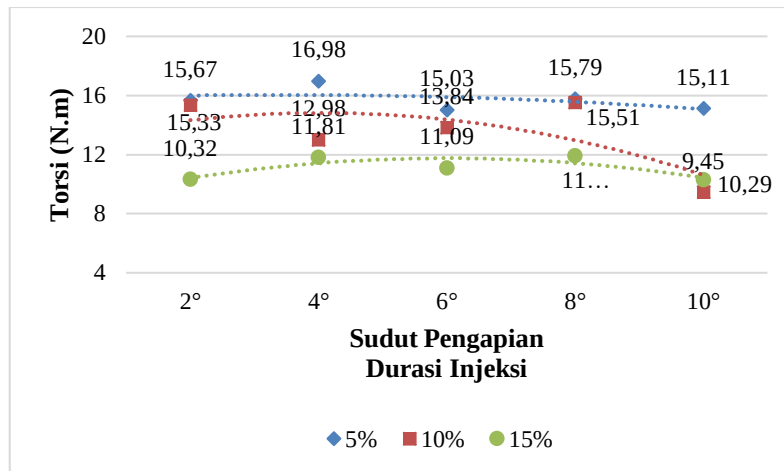
Data pengujian yang diperoleh dari penggunaan ECU *Programmable* berbasis *arduino* pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 terhadap torsi, daya dan konsumsi bahan bakar. Data ini didapatkan dengan cara melakukan *dyno test*, dan pengujian konsumsi bahan bakar. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan ECU *programmable* berbasis *arduino* dimana alat ini mempengaruhi sudut pengapian dan durasi injeksi bahan bakar. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan ECU standar dan ECU *Programmable* berbasis *arduino* yang dipasangkan pada kendaraan Honda Vario 110cc FI. Parameter yang digunakan pada penelitian menggunakan variasi sudut pengapian $+2^\circ$, $+4^\circ$, $+6^\circ$, $+8^\circ$, $+10^\circ$ dan durasi injeksi 5%, 10%, dan 15% yang bisa diatur melalui PC/komputer. Pengujian ini dilakukan sebanyak tiga kali pada saat setiap pengujiannya, setelah itu, dari data ketiga pengujian tersebut dilakukan rata-rata untuk memperoleh hasil akhir.

Pengujian Torsi

Tabel 2. Pengujian torsi kondisi standar

Bahan Bakar	Pengujian ke-	Torsi (N.m)
Pertamax	1	14,94
	2	15,71
	3	16,14
Rata-rata		15,60

Tabel 2 pengujian torsi saat kondisi standar yang telah dilakukan pengujian berupa torsi sebanyak tiga kali repetisi pada kendaraan motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 standar tanpa menggunakan ECU *programmable* berbasis *arduino* didapatkan torsi rata-rata sebanyak 15,60 N.m.

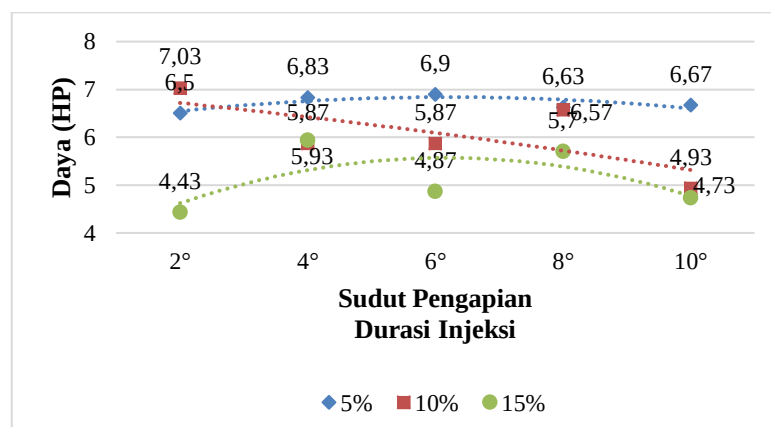


Gambar 5. Hasil pengujian torsi ECU *programmable* berbasis *arduino*

Gambar 5 menunjukkan grafik hasil pengujian torsi ECU *Programmable* berbasis *arduino* mempunyai pengaruh terhadap torsi Honda Vario 110cc FI tahun 2014. Torsi standar rata-rata sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 sebesar 15,60 N.m, sedangkan untuk torsi maksimum penggunaan ECU *Programmable* berbasis *arduino* pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 sebesar 16,98 N.m pada variasi sudut pengapian +4° dan durasi injeksi bahan bakar +5% torsi standar. Torsi terendah penggunaan ECU *Programmable* berbasis *arduino* pada motor Honda Vario 110 cc FI tahun 2014 sebesar 9,45 N.m, dengan ini turun sekitar 39% dari torsi standar.

Hasil data tersebut dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan torsi pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014. Peningkatan ini selaras dengan penelitian Rahmaddaani 2020 dengan memajukan waktu pengapian 6° pada ECU *Programmable* yang dipasang di sepeda motor injeksi 150cc menyebabkan torsi meningkat sebesar 14,94 N.m. Pengaruh tersebut dapat terjadi karena piston berada pada waktu pengapian yang tepat sehingga didapatkan tekanan puncak pembakaran yang maksimal pada piston untuk langkah ekspansi[20].

Pengujian Daya



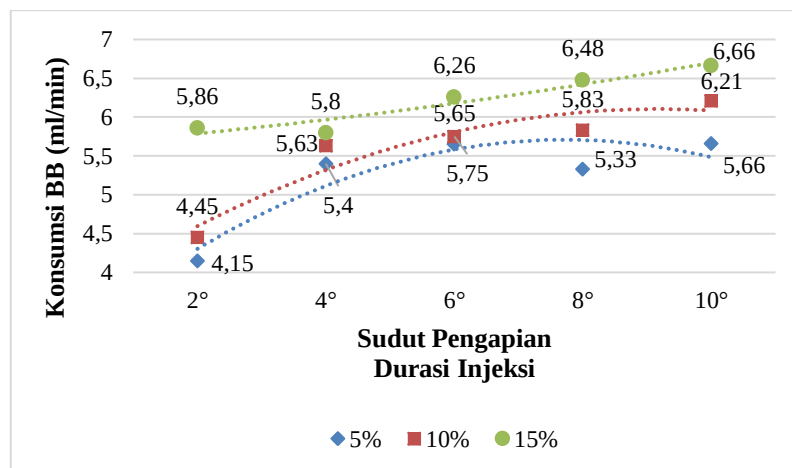
Gambar 6. Hasil pengujian daya ECU *programmable* berbasis *arduino*

Gambar 6 menunjukkan ECU *Programmable* berbasis *arduino* berpengaruh terhadap daya sepeda motor Honda Vario 110cc tahun 2014. Diketahui rata-rata daya sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 sebesar 6,8 HP, sedangkan daya maksimum sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 dengan menggunakan ECU *Programmable*

berbasis *arduino* sebesar 7,03 HP pada variasi sudut pengapian $+2^0$ dan durasi injeksi bahan bakar $+10\%$ naik sebesar 3% dari torsi standar. Didapatkan daya terendah penggunaan ECU *Programmable* berbasis *arduino* pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 sebesar 4,43 HP, dengan ini berkurang 37% dibandingkan daya standar.

Hasil data tersebut dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan daya pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh [21] dengan penggunaan ECU *Programmable* BRT pada sepeda motor 150cc dapat meningkatkan torsi dan daya dimana besarnya daya timbul karena penyetelan sudut pengapian yang dimajukan sebelum TMA dari penggunaan ECU *Programmable* dan didapatkan pembakaran yang lebih sempurna dengan bahan bakar pertamax. Selain itu, pada penelitian yang dilakukan [6] dengan penyetelan pola sudut pengapian dan pola durasi injeksi bahan bakar pada ECU *Stand Alone* pada sepeda motor 130 cc didapatkan torsi dan daya yang meningkat dengan kombinasi sudut pengapian dan durasi injeksi bahan bakar yang pas.

Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Uji Stasioner



Gambar 7. Hasil pengujian stasioner ECU *programmable* berbasis *arduino*

Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian stasioner penggunaan ECU *Programmable* berbasis *arduino* berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar *stasioner* Honda Vario 110cc FI tahun 2014 dengan kondisi standar sebesar 8,46 ml/min dimana dalam satu menit waktu pengujian *stasioner* membutuhkan 8,46 ml bahan bakar pertamax, sedangkan untuk pengujian konsumsi bahan bakar terbaik penggunaan ECU *Programmable* berbasis *arduino* pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 sebesar 4,15 ml/min dimana dalam waktu satu menit waktu saat *stasioner* membutuhkan 4,15 ml bahan bakar pertamax yang berada pada variasi sudut pengapian $+2^0$ dan injeksi bahan bakar $+5\%$ turun 4,31 ml/min. Penggunaan ECU *Programmable* berbasis *arduino* mendapatkan konsumsi bahan bakar tertinggi sebesar 6,66 ml/min pada variasi sudut pengapian $+10^0$ dan durasi injeksi bahan bakar $+15\%$ dimana dalam waktu satu menit saat *stasioner* membutuhkan 6,66 ml bahan bakar pertamax lebih irit 2,20 ml/min dari keadaan standar. Semakin ditambah durasi injeksi bahan bakar akan menyebabkan kenaikan konsumsi bahan bakar yang digunakan.

Dari data tersebut didapatkan penurunan konsumsi bahan bakar saat *stasioner* pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014. Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Muji dan Utoro dengan pola *Mapping* BRT antara sudut pengapian dan durasi injeksi bahan bakar mendapatkan hasil optimal, dengan pola bahan bakar yang cenderung kurus dan

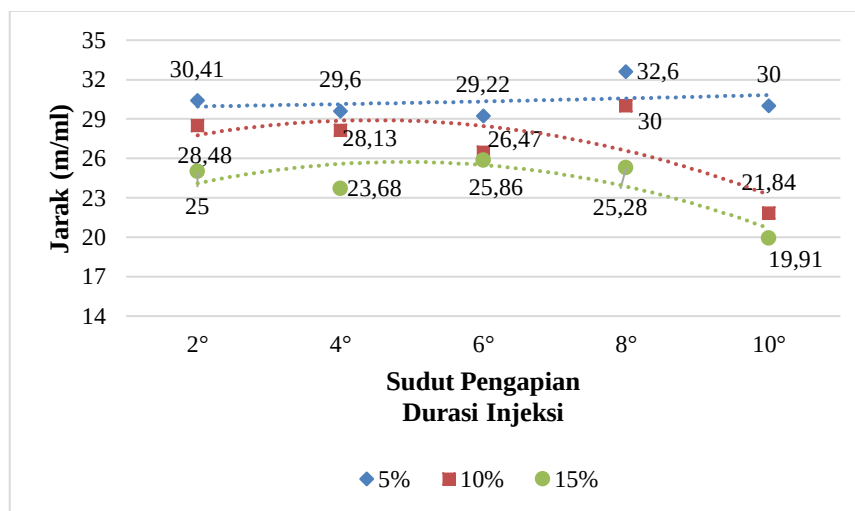
pengapian yang dimajukan dicapai torsi dan daya tertinggi mendapatkan konsumsi bahan bakar yang menurun[6].

Uji Jalan

Tabel 3. Hasil pengujian ECU berbasis *arduino*

UJI STASIONER	Rata-rata (ml)	Waktu (Menit)	ml/min
ECU Standar	169,33	20	8,46
UJI JALAN	Jarak (m)	Rata-rata (ml)	m/ml
ECU Standar	750	31,66	23,68

Hasil akhir pengujian konsumsi bahan bakar pada sepeda Honda Vario 110cc FI tahun 2014 pada saat posisi standar setelah dilakukan pengujian selama 20 menit menunjukkan hasil sebesar 8,46 ml/min. Hasil akhir pengukuran konsumsi bahan bakar pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 dengan posisi standar setelah dilakukan pengujian jalan sejauh 750 meter mendapatkan hasil sebesar 23,68 m/ml.



Gambar 8. Hasil pengujian jalan ECU *programmable* berbasis *arduino*

Gambar 8 menunjukkan ECU *Programmable* berbasis *arduino* berpengaruh terhadap konsumsi bahan bakar uji jalan sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 standar sebesar 23,68 ml/min dimana dalam satu ml bahan bakar saat kendaraan berjalan dapat menempuh jarak sejauh 23,68 meter, sedangkan untuk pengujian jalan konsumsi bahan bakar terbaik penggunaan ECU *Programmable* berbasis *arduino* pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 sebesar 32,60 m/ml, dimana dalam satu ml bahan bakar pertamax saat pengujian jalan dapat menempuh jarak sejauh 32,60 meter dengan variasi sudut pengapian +8° dan injeksi bahan bakar +5% naik sebesar 8,92 m/ml dari ECU standar. Sedangkan konsumsi bahan bakar tertinggi penggunaan ECU *Programmable* berbasis *arduino* pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 saat pengujian jalan sebesar 19,9 m/ml dengan sudut pengapian +10 dan durasi injeksi +15%.

Hal ini sejalan dengan penelitian perubahan durasi injeksi dengan ECU *Programmable aftermarket* pada sepeda motor Beat FI 110cc yang dilakukan Debry pada tahun 2023 didapatkan nilai konsumsi bahan bakar tertinggi pada +15% dengan kenaikan sebesar 14,42% terhadap pengaturan standar berbahan bakar pertamax[22]. Pada pengujian menggunakan variasi durasi injeksi +15% konsumsi bahan bakar lebih meningkat dari variasi durasi injeksi +10% dan +5% sehingga daya dan torsi menurun, hal ini disebabkan karena jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam ruang bakar lebih banyak sehingga

campuran udara dan bahan bakar tidak sempurna dan bahan bakar tidak mampu terbakar seluruhnya.

KESIMPULAN

Penelitian mengenai pengaruh penggunaan ECU *Programmable* berbasis *Arduino* terhadap torsi, daya, dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor Honda Vario 110cc FI tahun 2014 menunjukkan hasil yang signifikan. Variasi sudut pengapian dan durasi injeksi bahan bakar menggunakan ECU *Programmable* berbasis *Arduino* mempengaruhi torsi dan daya. Torsi tertinggi sebesar 16,98 N.m diperoleh pada sudut pengapian +4° dan injeksi +5%, meningkat dari 9,7 N.m dengan ECU standar. Daya tertinggi sebesar 7,03 HP dicapai pada sudut pengapian +2° dan injeksi +10%, naik dari 6,8 HP dengan ECU standar. Konsumsi bahan bakar juga dipengaruhi oleh penggunaan ECU *Programmable* berbasis *Arduino*. Konsumsi bahan bakar stasioner terendah tercatat pada sudut pengapian +2° dan injeksi +5%, sebesar 4,15 ml/menit, turun dari 8,46 ml/menit pada kondisi standar. Konsumsi bahan bakar saat uji jalan paling optimal adalah pada sudut pengapian +8° dan injeksi +5%, sebesar 32,60 m/ml, meningkat dari 23,68 m/ml dengan ECU standar. Secara keseluruhan, penggunaan ECU *Programmable* berbasis *Arduino* pada Honda Vario 110cc FI 2014 meningkatkan performa torsi dan daya, serta mengoptimalkan konsumsi bahan bakar baik dalam kondisi stasioner maupun saat uji jalan.

REFERENSI

- [1] A. Digdoyo, D. Djamruddin, R. Yulianto, and T. Surawan, "Analisa Performance Motor Bensin Silinder 1 Menggunakan CDI Standar dan CDI Racing dengan Bahan Bakar Pertamina Turbo," *Technol. Renew. Energy Dev.*, pp. 105–114, 2023.
- [2] A. A. Filayati, S. D. Wijayanto, and N. Rohman, "Pengaruh Penggunaan Step Up Voltage dan Variasi Bahan Bakar terhadap Konsumsi Bahan Bakar pada Motor Honda Beat," *J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 10, pp. 14–21, 2022, [Online]. Available: <http://10.0.93.79/jptm.v10i2.51606>
- [3] M. M. Al Fikri, "Analisa Sistem Kerja Electrical Fuel Injection (EFI) pada Motor Honda CBR 150," *Majamecha*, vol. 1, no. 1, pp. 36–47, 2019, doi: 10.36815/majamecha.v1i1.366.
- [4] M. B. S. Widjatmiko and Listiyono, "Analisis Pengaturan Sudut Pengapian dan Durasi Injeksi terhadap Torsi Motor Bensin Volume 2000 Cm 3," *J. Ilm. Multidisiplin*, vol. 2, no. 8, pp. 538–546, 2023, doi: <https://doi.org/10.55904/nautical.v2i8.995>.
- [5] N. Alamsyah, H. F. Rahmani, and Yeni, "Lampu Otomatis Menggunakan Sensor Cahaya Berbasis Arduino Uno dengan Alat Sensor LDR," *Formosa J. Appl. Sci.*, vol. 1, no. 5, pp. 703–712, 2022, doi: 10.55927/fjas.v1i5.1444.
- [6] S. Muji and L. Utoro, "Re-Mapping Engine Control Unit (Ecu) untuk Menaikkan Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 3, no. 2, pp. 62–68, 2017.
- [7] D. Amrullah, "Analisis Pengaruh Pengujian Penggunaan Bahan Bakar Premium dan Pertamina terhadap Prestasi Mesin," *Teknologi*, vol. 18, no. 1, pp. 15–26, 2016.
- [8] A. F. Sa'adah, A. Fauzi, and B. Juanda, "Peramalan Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia dengan Model Sistem Dinamik," *J. Ekon. dan Pembang. Indones.*, vol. 17, no. 2, pp. 118–137, 2017, doi: 10.21002/jepi.v17i2.02.
- [9] Elandi, E. Siswanto, and A. S. Widodo, "Performansi Motor Bakar 6 Tak Dengan 2 Kali Pembakaran Menggunakan Bahan Bakar Pertamina dan Etanol," *Sci. J. Mech. Eng. kinematika.*, vol. 6, no. 2, pp. 154–161, 2021, doi: 10.20527/sjmekinematika.v6i2.203.
- [10] I. Hermawan, M. Idris, D. Darianto, and M. Y. R. Siahaan, "Kinerja Mesin Motor 4

- Langkah dengan Bahan Bakar Campuran Bioetanol dan Pertamina,” *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. Energy*, vol. 5, no. 2, pp. 202–210, 2021, doi: 10.31289/jmemme.v5i2.5787.
- [11] W. Ruslan, I. G. E. Lesmana, and R. Safitri, “Analisis Pengaruh Waktu Pengapian untuk Bahan Bakar Pertalite terhadap Kinerja Motor Honda Beat Karburator,” *J. Semin. Rekayasa Teknol.*, pp. 101–109, 2018.
- [12] A. Arif, N. Hidayat, and M. Y. Setiawan, “Pengaruh Pengaturan Waktu Injeksi dan Durasi Injeksi terhadap Brake Mean Effective Pressure dan Thermal Efficiency pada Mesin Diesel Dual Fuel,” *invontek, J. Inovasi, Vokasional dan Teknol.*, vol. 17, 2017.
- [13] M. Bencherif, T. Leftas, and N. Larbes, “Numerical Analysis of Injection Parameters Influence on Diesel Engine Performances and Emissions Correlated By Maximum in-Cylinder Pressure,” *Therm. Sci.*, vol. 27, no. 2, pp. 1479–1493, 2023, doi: 10.2298/TSCI220120017B.
- [14] K. Tarigan, “Analisa Pengaruh Stroke Terhadap Performa Mesin Empat Langkah Kapasitas 150 CC Bahan Bakar Pertamina 92, Pertamina Turbo 98 dan Bensol Terhadap Data dan Konsumsi Bahan Bakar,” *J. Ilm. Core IT Community Res.*, vol. 7, no. 2, pp. 233–239, 2019.
- [15] R. Lapisa, R. Rahman, I. Yulia Basri, and W. Afnison, “Pengaruh Diameter Variasi Throttle Body terhadap Daya, Torsi dan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor Beat Pgm-Fi 110 Cc Tahun 2014,” *Ensiklopedia Educ. Rev.*, vol. 4, no. 3, pp. 245–250, 2022, doi: 10.33559/eer.v4i3.1544.
- [16] A. L. Niculae, R. Chiriac, and A. Racovitza, “Effects of Injection Rate Shape on Performance and Emissions of a Diesel Engine Fuelled by Diesel and Biodiesel B20,” *Appl. Sci.*, vol. 12, no. 3, 2022, doi: 10.3390/app12031333.
- [17] W. R. Cahyadi, S. R. Ariyanto, A. S. Nugraha, and R. A. Putra, “Pengaruh Variasi Merk Bahan Bakar Jenis Busi dan Tekanan Ban Terhadap Performa Mesin Sepeda Motor Empat Langkah,” *Sci. J. Mech. Eng. kinematika.*, vol. 9, no. 1, pp. 25–32, 2024, doi: 10.20527/sjmekinematika.v9i1.268.
- [18] P. L. Adji, K. Winangun, and Y. Winardi, “Pengaruh Variasi Panjang Pegas Kopling terhadap Performa dan Konsumsi Bahan Bakar pada Honda Tiger 200 Cc,” *Komputek*, vol. 5, no. 1, p. 32, 2021, doi: 10.24269/jkt.v5i1.681.
- [19] I. K. S. Arimbawa, I. N. P. Nugraha, and K. R. Dantes, “Analisis Pengaruh Campuran Bahan Bakar Pertalite dengan Naphthalene terhadap Konsumsi Bahan Bakar, Torsi, Dan Daya pada Sepeda Motor 4 Langkah,” *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 7, no. 1, pp. 1–6, 2019, doi: 10.23887/jjtm.v7i1.18616.
- [20] 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, 2020, doi: 10.17977/um074v4i22020p27-32.
- [21] S. D. Ikhwanudin and I. M. Arsana, “Pengaruh Penggunaan Engine Control Unit (Ecu) Unlimiter terhadap Engine Motor Yamaha V-ixion 150cc,” *J. Pendidik. Tek. Mesin*, vol. 11, pp. 175–184, 2021.
- [22] D. Debry, Y. Winardi, M. Munaji, and K. Winangun, “Pengaruh Perubahan Durasi Injeksi terhadap Kinerja Mesin Sepeda Motor Beat FI 110 cc,” *AutoMech J. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 02, pp. 18–24, 2023, doi: 10.24269/jtm.v3i02.7687.