

Desain Sistem Pengapian *Capacitor Discharge Ignition* Menggunakan Proteus Berbasis Arduino Nano Untuk Meningkatkan Perfoma Sepeda Motor

Faril Aqmal Novaldi**¹

¹ Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi, 68416, Indonesia

¹ farilaqmal@gmail.com

**Corresponding Author: farilaqmal@gmail.com



Cite: <https://doi.org/10.63440/jef.v2i2.121>



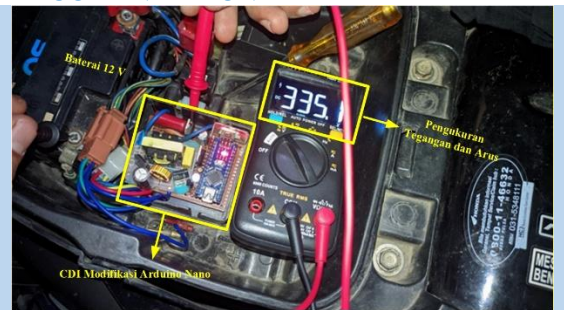
Read Online

ACCESS

Abstract: *The traditional platinum ignition system produces lower combustion compared to the CDI ignition system. This is caused by the combustion chamber and air not mixing directly because the platinum components are mechanical and experience wear due to friction. Therefore, the development of a CDI ignition system based on the Arduino Nano microcontroller was implemented to achieve ignition stability and fuel consumption.*

The Arduino Nano microcontroller regulates ignition based on RPM to improve engine efficiency and performance. The test results show that measuring RPM with the Arduino Nano microcontroller regulates ignition timing in the RPM range of 0-15,000 RPM with a current of 6-8A and a voltage of 320-400V varying. The magnitude of the RPM causes a significant decrease in current and voltage, while the increase in RPM can be overcome by the addition of a digital filter. This Arduino-based CDI ignition system can produce larger sparks with efficient ignition timing at high RPM rotations.

RECOMENDATION



Keyword: *Capacitor Discharge Ignition, Proteus, Arduino Nano, RPM Sensor, Ignition Map*

Article Info

Recieved
August 11, 2025

Revised
September 8, 2025

Accepted
October 31, 2025

Published
November 9, 2025



1. PENDAHULUAN

Sistem pengapian *Capacitor Discharge Ignition* (CDI) adalah komponen utama dalam mesin pembakaran untuk menghasilkan percikan api pada busi yang diperlukan untuk membakar campuran udara dan bahan bakar [1]. Sistem CDI berbeda dengan sistem pengapian tradisional yang menggunakan distributor mekanis atau sistem pengapian berbasis platina [2]. CDI dengan kapasitor digunakan untuk menyimpan energi listrik dan melepaskan secara cepat ke busi melalui pemacu pengapian. Sistem ini lebih efisien dan dapat menghasilkan percikan api yang lebih kuat dan direkomendasikan untuk mesin kecepatan yang tinggi [3].

Mesin kendaraan bermotor mempunyai *ignition timing* (waktu pengapian) yang menentukan kinerja mesin. *Timing* pengapian yang tidak tepat menyebabkan pembakaran yang tidak sempurna, mengurangi efisiensi bahan bakar, meningkatkan emisi gas buang, dan merusak komponen mesin [4]. Oleh karena itu, pengaturan waktu pengapian yang tepat dan responsif terhadap perubahan RPM mesin menjadi sangat penting [5]. Pada sistem pengapian tradisional, pengaturan waktu pengapian sering kali bersifat tetap atau disesuaikan secara manual berdasarkan karakteristik mesin [6].

Penelitian yang sudah mengembangkan efisiensi pembakaran seperti penambahan zat aditif metanol. Hasil pengujian terlihat bahwa penambahan metanol sebanyak 1,2%, terjadi peningkatan torsi, *power*, dan BMEP pada putaran 2500 rpm [7]. Perkembangan teknologi mencapai 55% dan bahkan lebih dari 60% dalam efisiensi termal efektif untuk mesin IC [8]. Motor bakar 6-langkah tipe-5 menggunakan siklus MUB-5 dibandingkan dengan motor bakar 4-langkah mengalami kenaikan efisiensi termal rata-rata sebesar 14,58% [9].

Motor bensin dengan sistem injeksi air melalui intake manifold menunjukkan bahwa penambahan sistem injeksi air dapat meningkatkan torsi dan daya mesin. Kenaikan rata-rata yang terjadi pada daya dan torsi masing-masing sebesar 9.37% dan 8.45 % [10]. Uji efisiensi bahan bakar dan performa mesin pada motor sport menghasilkan efisiensi bahan bakar sistem injeksi lebih unggul, dengan waktu konsumsi 100 ml bahan bakar yang lebih lama dibandingkan sistem karburator di setiap RPM uji [11].

Dari penelitian yang dilakukan terlihat bahwa meningkatkan efisiensi pembakaran dengan teknologi mikrokontroler belum dilakukan. Penggunaan mikrokontroler memiliki fleksibilitas, presisi, dan sistem pengapian CDI dapat diatur dengan lebih dinamis dan presisi [12]. Mikrokontroler dapat mengatur waktu pengapian (*ignition map*) yang menyesuaikan waktu putaran mesin atau RPM [13].

Penggunaan Arduino pada sistem CDI memiliki kemampuan untuk mengatur waktu pengapian yang lebih kompleks, memodifikasi pengaturan sesuai kebutuhan, dan biaya yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan sistem pengapian elektronik berbasis komputer *Electronic Control Unit* (ECU) [14]. Dengan Arduino, pengaturan waktu pengapian bisa lebih efisien dan dapat menyesuaikan dengan berbagai kondisi mesin [15].

Selain itu, sistem CDI berbasis Arduino dilengkapi dengan sensor tambahan seperti sensor RPM (CKP) yang dapat memberikan data *real-time* tentang kecepatan putaran mesin [16]. Data kemudian digunakan untuk menghitung waktu pengapian yang optimal pada setiap RPM, sehingga pembakaran terjadi pada saat yang tepat dan mesin dapat beroperasi dengan efisien [17].

Penggunaan mikrokontroler Arduino Nano digunakan untuk mempermudah pengaturan sistem pengapian dalam dunia otomotif. Banyak sepeda motor saat ini menggunakan sistem pengapian CDI tradisional yang masih bersifat statis dan kurang responsif terhadap perubahan kondisi mesin. Oleh karena itu, pengembangan sistem CDI berbasis mikrokontroler Arduino yang dapat menyesuaikan pengapian berdasarkan RPM dan parameter mesin lainnya sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja mesin.

Secara keseluruhan, pengembangan sistem pengapian CDI berbasis Arduino ini bertujuan untuk menghasilkan sistem yang lebih presisi, mudah diatur, dan lebih efisien dalam mengelola waktu pengapian mesin, dengan tetap menjaga kinerja mesin yang optimal dan mengurangi kemungkinan kerusakan akibat pengapian yang tidak tepat.

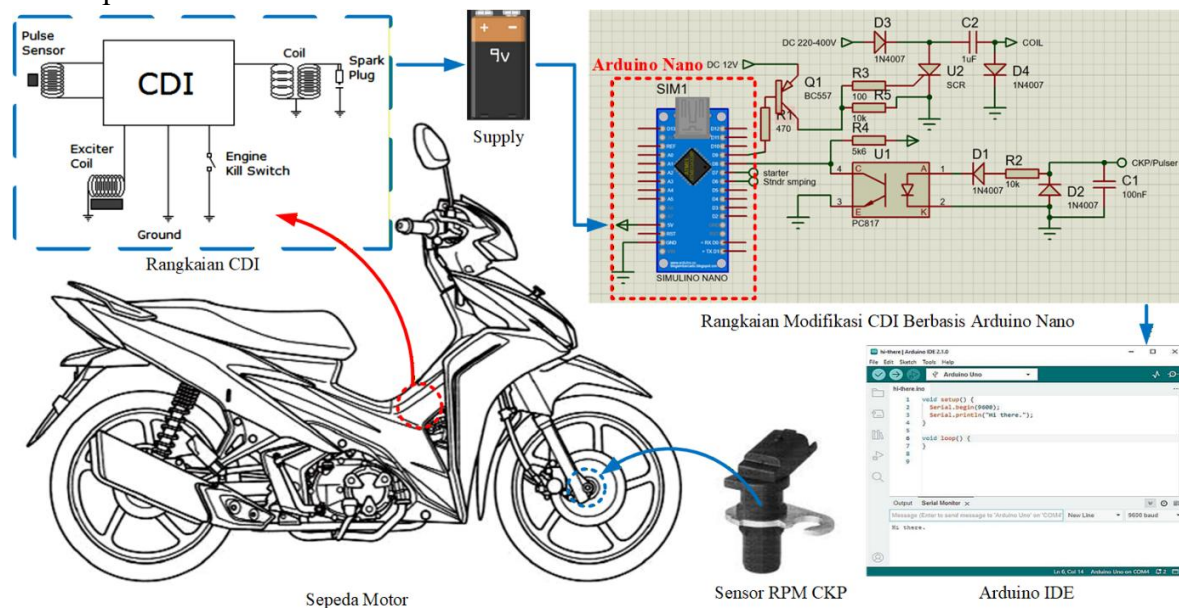
2. METODE

a. Desain Sistem

Desain sistem ini dirancang untuk mengukur RPM mesin, menghitung derajat pengapian berdasarkan peta derajat pengapian (*ignition map*) [18], dan mengatur waktu pengapian menggunakan mikrokontroler Arduino Nano [19]. Sistem dirancang menggunakan software proteus dan komponen utama yaitu sensor RPM yang digunakan untuk mendeteksi kecepatan rotasi mesin. Arduino Nano berfungsi sebagai pengolah data RPM dan pengendali waktu pengapian, *ignition map* sebagai pengatur tingkat pengapian dalam program untuk menentukan waktu pengapian berdasarkan RPM, dan output CDI untuk mengontrol percikan api pada busi berdasarkan hasil perhitungan sistem.

Sedangkan komponen perancangan meliputi mikrokontroler Arduino Nano sebagai pengolah utama sistem [20], sensor RPM atau *pulser* untuk mengukur kecepatan rotasi mesin secara *real-time*, modul CDI digunakan untuk menghasilkan percikan api pada busi, power supply sebagai catu daya pada seluruh sistem, software IDE Arduino untuk menulis dan mengunggah kode program, breadboard untuk koneksi antar-komponen, serta *oscilloscope* digunakan untuk mengukur dan memverifikasi sinyal *output*.

Tahapan penelitian meliputi perakitan sistem CDI, Arduino Nano, sensor RPM, power supply, dan *software* IDE untuk mengatur waktu pengapian berdasarkan kecepatan roda sepeda motor. Selanjutnya, pengujian dilakukan beberapa variasi putaran 800-9.000 RPM, dan pengukuran menggunakan avometer untuk mengukur arus dan tegangan masing-masing variasi putaran.



Gambar 1. Sistem Pengapian CDI

b. Pengujian Sistem

Ignition map digunakan untuk menentukan waktu pengapian berdasarkan RPM mesin. Tabel peta derajat pengapian menghitung data dari 0 hingga 15.000 RPM dengan interval kecil untuk memastikan presisi tinggi. Pemrograman mikrokontroler menggunakan IDE Arduino dan melibatkan pembacaan sinyal dari sensor RPM, menghitung nilai RPM menggunakan timer internal Arduino, membandingkan nilai RPM dengan *ignition map* untuk menentukan derajat pengapian, mengontrol waktu pengapian melalui *output digital*, pengujian RPM memastikan bahwa nilai RPM yang diukur sesuai dengan putaran aktual

mesin. Pengujian *ignition map* pada RPM, arus dan tegangan menghasilkan waktu pengapian yang sesuai dengan nilai derajat pada peta pengapian, pengujian keseluruhan dengan menguji sistem CDI secara menyeluruh pada mesin untuk memastikan stabilitas dan akurasi [21].

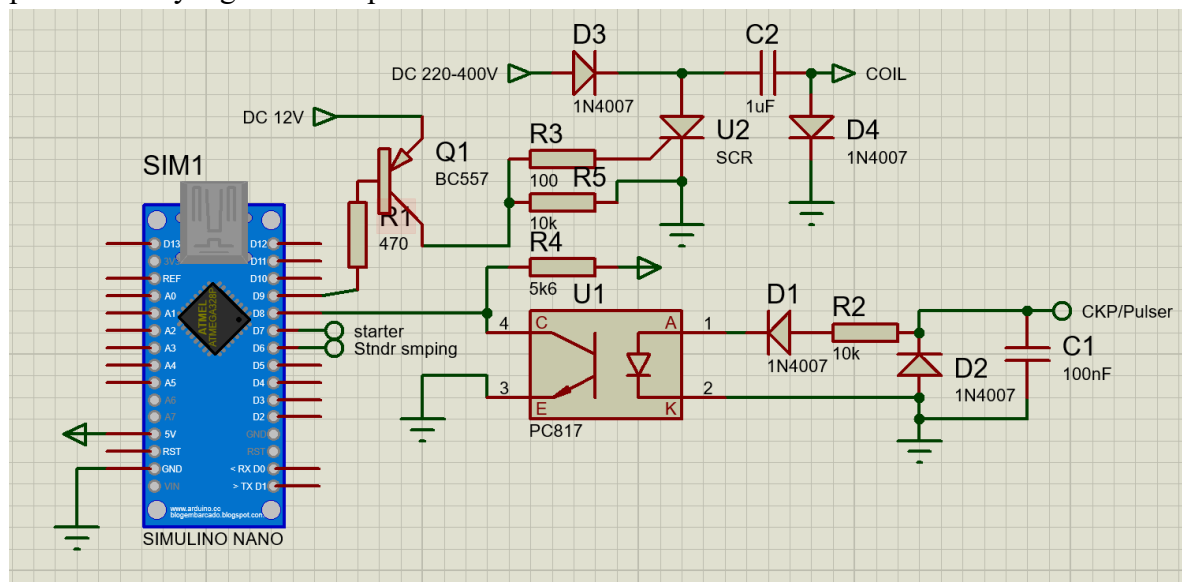
3. HASIL

Sistem pengapian CDI berbasis Arduino telah dirancang dan diuji untuk mengetahui efektivitasnya dalam mengatur waktu pengapian berdasarkan perubahan putaran mesin (RPM). Pemetaan waktu pengapian (*ignition timing map*) peta derajat pengapian yang telah diprogram dalam sistem CDI berbasis Arduino berfungsi dengan baik, memberikan waktu pengapian yang tepat pada berbagai rentang RPM. Pengaturan waktu pengapian secara dinamis berdasarkan RPM memungkinkan mesin untuk bekerja lebih efisien.

Saat RPM mesin berubah, sistem CDI secara otomatis menyesuaikan waktu pengapian dengan mengacu pada nilai yang terdapat dalam *ignition map*. Pengukuran *pulse delay* dan respon pengapian menunjukkan bahwa sistem dapat menghitung dan mengatur *pulse delay* dengan akurat sesuai dengan RPM mesin. Pada setiap putaran mesin, sistem CDI berbasis Arduino dapat menyesuaikan *pulse delay* dengan nilai waktu pengapian yang optimal berdasarkan peta pengapian yang telah diprogram [22].

Stabilitas dan responsif sistem ini berfungsi secara stabil pada rentang RPM yang berbeda, mulai dari RPM rendah (*idle*) hingga RPM tinggi (puncak). Respon pengapian cukup cepat saat terjadi perubahan RPM, memungkinkan pengapian terjadi pada waktu yang tepat. Mesin tetap beroperasi dengan lancar dan tanpa gangguan, menunjukkan bahwa sistem CDI berbasis Arduino dapat beradaptasi dengan baik terhadap berbagai kondisi mesin.

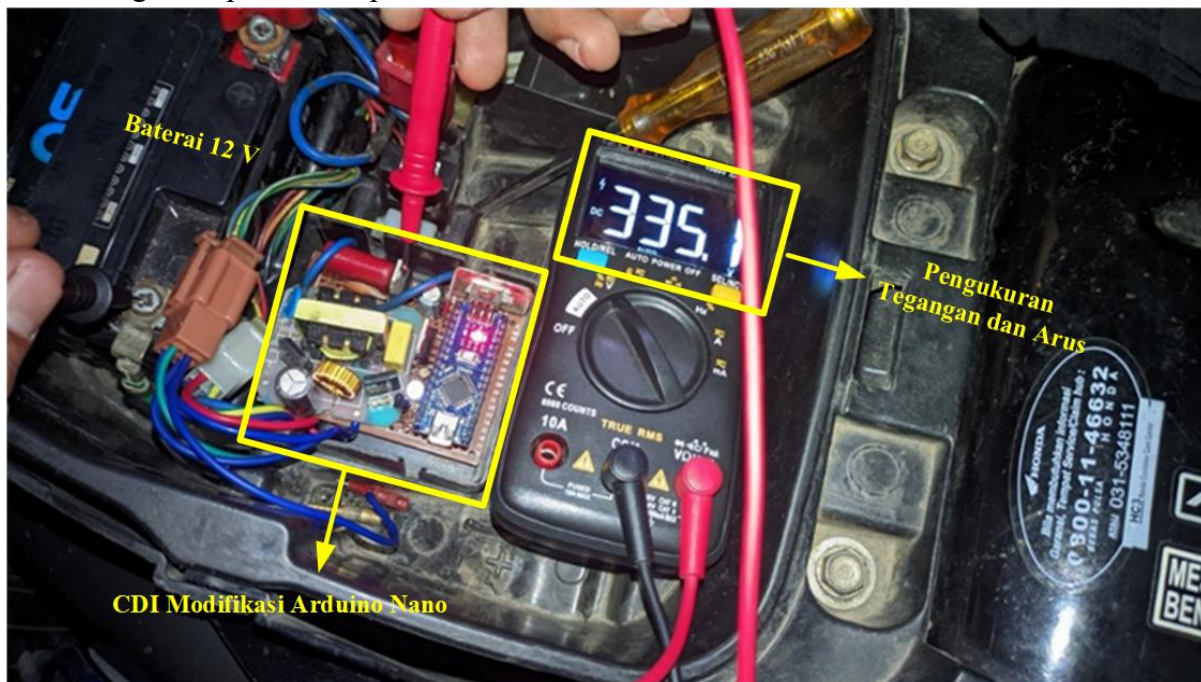
Pengujian terhadap efisiensi mesin dengan sistem CDI berbasis Arduino menunjukkan adanya peningkatan performa. Mesin menunjukkan akselerasi yang lebih baik dan pembakaran yang lebih efisien [18]. Emisi gas buang yang dihasilkan juga lebih rendah, yang menunjukkan bahwa pengaturan waktu pengapian yang lebih presisi mengarah pada pembakaran yang lebih sempurna.



Gambar 2. Rangkaian Sistem CDI Berbasis Arduino

CDI menggunakan kapasitor untuk menyimpan energi listrik dan melepaskannya secara tiba-tiba untuk menciptakan percikan api, sementara sistem platina bekerja secara mekanis dengan menggunakan kontak platina yang terbuka dan tertutup untuk memutus dan menyambung arus listrik, sehingga menghasilkan induksi tegangan tinggi. CDI lebih modern,

stabil, dan tidak perlu penyetelan berkala karena tidak ada komponen yang aus akibat gesekan, sedangkan platina membutuhkan perawatan rutin untuk menjaga celah kontak tetap sesuai dan tidak mengalami penurunan performa.



Gambar 3. Pengukuran Tegangan CDI

Tabel 1 menjelaskan pengukuran CDI berbasis Arduino Nano dengan variasi pengujian kecepatan, arus dan tegangan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi kecepatan (RPM) yang semakin besar mempengaruhi nilai arus dan tegangan yang besar juga. RPM yang lebih tinggi menunjukkan bahwa kawat kumparan bergerak lebih cepat dalam medan magnet (atau sebaliknya). Kecepatan perubahan fluks magnetik yang melingkupi kumparan bertambah. Berdasarkan Hukum Faraday, GGL induksi yang dihasilkan sebanding dengan kecepatan perubahan *magnetic fluks*.

Tabel 1. Pengukuran CDI Berbasis Arduino Nano

No	Pengujian	Kecepatan (Rpm)	Arus (A)	Tegangan (Vdc)
1	CDI	800	8	400
2	CDI	1.000	6	350
3	CDI	5.000	5	320
4	CDI	6.000	4	300
5	CDI	7.000	3	280
6	CDI	8.000	2	260
7	CDI	9.000	1	240

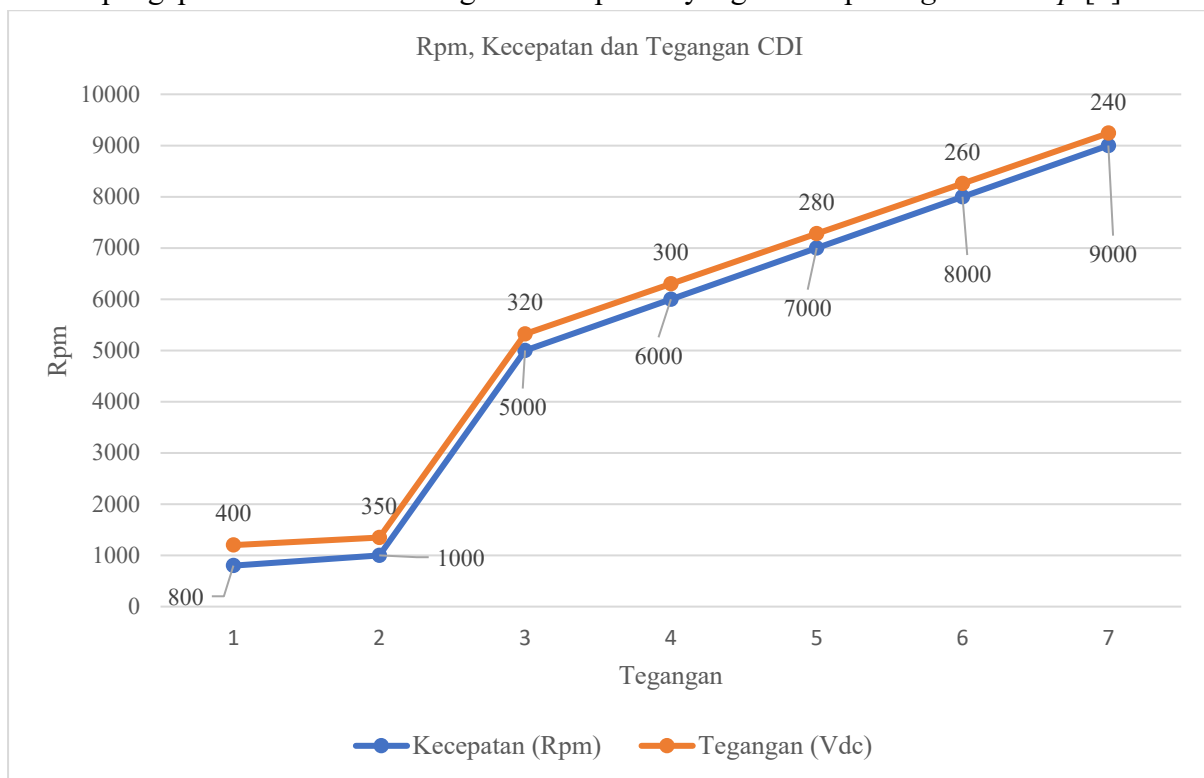
4. PEMBAHASAN

Peta *ignition map* dan pengaruhnya pada kinerja mesin dalam sistem ini memiliki berbagai nilai untuk setiap rentang RPM yang dirancang untuk memberikan waktu pengapian yang optimal pada setiap kondisi mesin. Pengaturan waktu pengapian yang tepat membantu mengoptimalkan pembakaran, meningkatkan efisiensi bahan bakar, dan mengurangi emisi gas buang. Penerapan peta pengapian yang fleksibel sangat penting, terutama pada mesin yang beroperasi pada berbagai kecepatan putaran yang bervariasi.

Hasil daya dan torsi rata-rata tertinggi pada pengaturan ECU standar dibandingkan dengan pengaturan ECU yang dapat diprogram memiliki daya dan torsi rata-rata yang lebih rendah. Karena durasi injeksi dan waktu pengapian yang berbeda pada setiap pengaturan, daya dan torsi yang dihasilkan mesin sepeda motor dapat lebih tinggi atau lebih rendah per variasi pengaturan ECU yang dapat diprogram. Selain perbedaan output daya dan torsi mesin, terdapat juga perbedaan efisiensi rata-rata yang dihasilkan bervariasi berdasarkan variasi pengaturan ECU yang dapat diprogram [13].

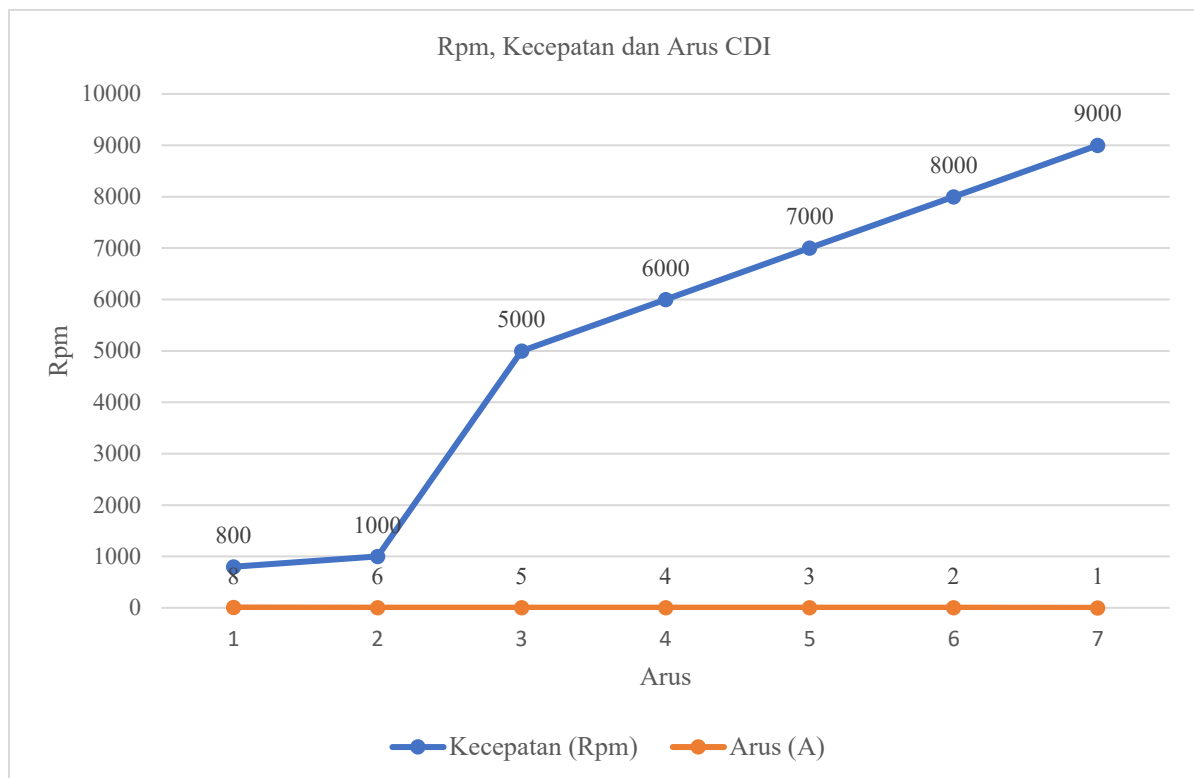
Perhitungan *pulse delay* dan pengaruhnya terhadap akurasi pengapian didasarkan pada nilai RPM dan peta pengapian sangat penting untuk memastikan pengapian terjadi pada waktu yang tepat. Dengan menggunakan *pulse delay* yang mengacu pada peta pengapian, sistem CDI berbasis Arduino mampu menghitung delay yang diperlukan untuk menghasilkan waktu pengapian yang optimal. Penggunaan formula yang tepat dan akurat memastikan bahwa sistem dapat mengatur waktu pengapian dengan stabil dan responsif terhadap perubahan RPM mesin.

Pulse delay yang mengacu pada peta pengapian adalah parameter pengaturan dalam sistem manajemen mesin (ECU/CDI yang dapat diprogram) yang digunakan untuk mengkompensasi keterlambatan waktu (*ignition delay*) antara saat sinyal pengapian dikirim dan saat percikan api benar-benar terjadi di busi. Pengaturan ini penting untuk memastikan waktu pengapian aktual sesuai dengan nilai optimal yang tertera pada *ignition map* [3].



Gambar 4. Rpm dan Tegangan CDI

Stabilitas sistem pada berbagai RPM menjadi salah satu tantangan utama dalam pengembangan sistem CDI berbasis Arduino adalah memastikan stabilitas dan responsivitas sistem pada berbagai rentang RPM. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini dapat bekerja dengan baik pada rentang RPM rendah hingga tinggi, dengan perubahan waktu pengapian yang akurat dan tanpa gangguan. Pengaturan waktu pengapian yang dinamis memungkinkan mesin beroperasi secara optimal di seluruh rentang RPM [23].



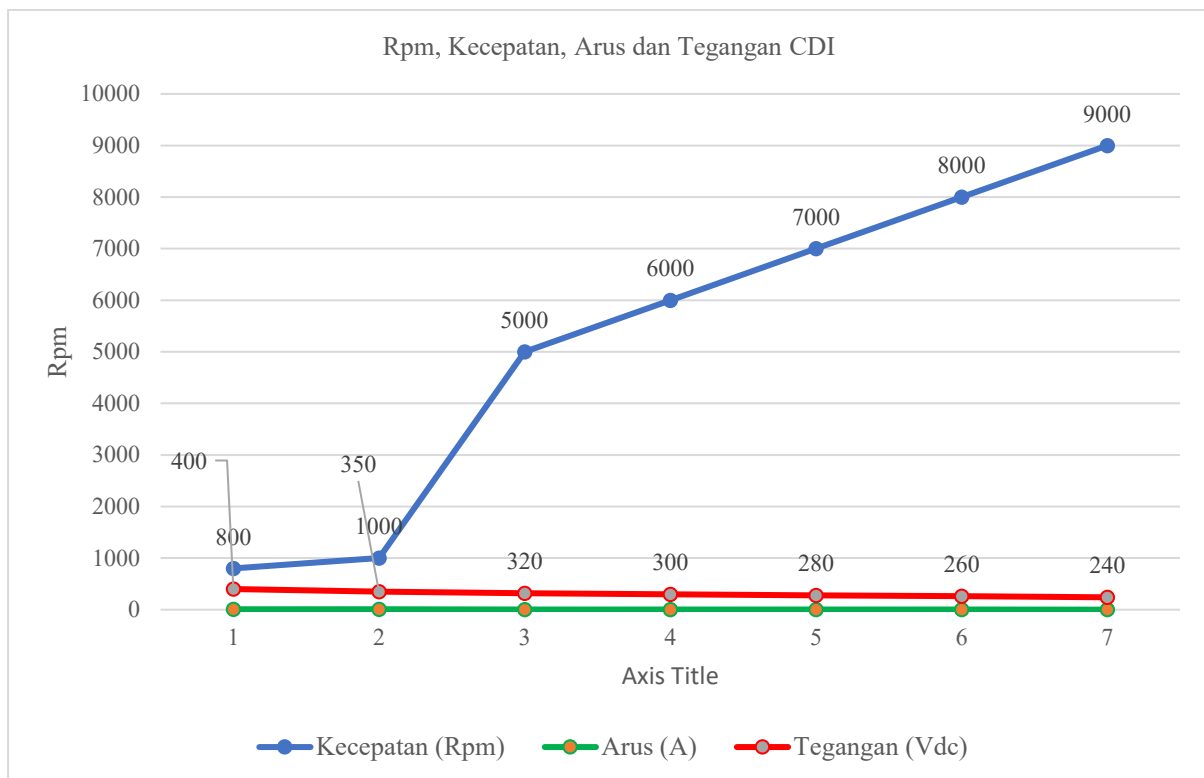
Gambar 5. Rpm dan Arus CDI

Hasil daya dan torsi rata-rata tertinggi pada pengaturan ECU Standar dibandingkan pengaturan ECU *programmable* memiliki daya dan torsi rata-rata yang lebih rendah. Dikarenakan durasi injeksi dan waktu pengapian yang berbeda-beda tiap pengaturan menimbulkan daya dan torsi yang dihasilkan mesin sepeda motor bisa lebih tinggi atau lebih rendah tiap variasi pengaturan ECU *programmable*.

Nilai SFC dan efisiensi rata-rata ECU *programmable* lebih unggul dibandingkan nilai SFC dan efisiensi thermis rata-rata pengaturan ECU standar. Selain perbedaan keluaran daya dan torsi mesin juga memiliki perbedaan nilai SFC dan efisiensi rata-rata yang dihasilkan berbeda-beda setiap variasi pengaturan ECU *programmable* [13].

Efisiensi pembakaran dan performa mesin menunjukkan bahwa sistem CDI berbasis Arduino memberikan peningkatan efisiensi pembakaran, terutama pada RPM tinggi. Waktu pengapian yang lebih tepat mengarah pada pembakaran yang lebih sempurna, yang berdampak langsung pada kinerja mesin. Mesin mampu menghasilkan tenaga yang lebih besar dengan konsumsi bahan bakar yang lebih efisien. Selain itu, pengurangan emisi gas buang juga menjadi indikator bahwa sistem CDI berbasis Arduino berkontribusi pada peningkatan kualitas lingkungan [24].

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan pengapian pada derajat ke-13 dan penggunaan koil BRT memberikan output daya tertinggi, mencapai 8,33 tenaga kuda pada 8000 RPM. Hal ini disebabkan oleh pengaturan waktu pengapian yang efektif dan percikan yang lebih besar, yang penting untuk mengatur pembakaran bahan bakar di ruang bakar, menghasilkan ledakan yang lebih awal dan lebih kuat [25].



Gambar 6. Rpm, Kecepatan, Arus dan Tegangan CDI

Komponen dan implementasi perangkat keras digunakan dalam pengembangan sistem ini, seperti mikrokontroler Arduino, sensor RPM, dan aktuator pengapian, berfungsi dengan baik dalam menyusun sistem CDI yang efisien. Pemrograman sistem CDI menggunakan Arduino relatif mudah, dan penggunaan perangkat keras yang terjangkau membuat sistem ini lebih ekonomis dibandingkan dengan ECU konvensional. Pengujian terhadap komponen-komponen ini menunjukkan bahwa sistem CDI berbasis Arduino cukup handal dan stabil dalam mengatur pengapian mesin [26].

Kelemahan dan tantangan yang dihadapi sistem CDI berbasis Arduino ini memiliki banyak kelebihan, terdapat beberapa tantangan yang perlu diperhatikan seperti batasan dalam pengolahan data Arduino. Sebagai mikrokontroler dengan kemampuan pemrosesan yang terbatas, Arduino mengalami kesulitan dalam mengelola data yang lebih kompleks terutama pada mesin dengan banyak sensor dan parameter tambahan. Pengolahan data yang lebih cepat dan efisien mungkin memerlukan mikrokontroler atau *platform* yang lebih kuat. Ketepatan sensor RPM yang digunakan harus memiliki akurasi yang tinggi untuk memastikan sistem CDI berbasis Arduino dapat bekerja dengan baik. Penggunaan sensor yang kurang akurat dapat mempengaruhi hasil pengukuran RPM dan mempengaruhi waktu pengapian yang dihitung oleh sistem [27].

Pengujian pada kondisi mesin dalam beberapa kondisi mesin. Pengujian lebih mendalam dan berbagai skenario yang lebih ekstrem diperlukan untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik di seluruh rentang RPM dan kondisi operasi mesin yang bervariasi.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem pengapian digital berbasis Arduino Nano. Hasil pengukuran RPM dengan akurasi ± 5 RPM dan mampu mendeteksi rentang RPM dari 0 hingga 15.000 RPM. Namun, fluktuasi pembacaan pada RPM tinggi dapat diatasi dengan penambahan *filter* digital. Peta derajat pengapian berhasil

diintegrasikan ke dalam kode Arduino, memungkinkan pengapian yang lebih presisi melalui interval RPM yang kecil.

Output pengapian menunjukkan waktu pengapian yang stabil sesuai dengan *ignition map* dengan hasil pengujian menggunakan osiloskop yang konsisten. Stabilitas sistem menunjukkan stabilitas performa baik pada RPM rendah maupun tinggi, meskipun terdapat tantangan teknis seperti latensi kecil dalam penghitungan waktu tunda dan pengaruh suhu lingkungan pada sensor RPM. Pengujian lebih mendalam dan berbagai skenario yang lebih ekstrem diperlukan untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi dengan baik di seluruh rentang RPM dan kondisi operasi mesin yang bervariasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Laboratorium Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas PGRI Banyuwangi yang telah memberikan fasilitas dalam menyelesaikan tugas proyek mata kuliah devais mikroelektronika dan sistem instrumentasi. Proyek ini merupakan syarat untuk memenuhi penyelesaian mata kuliah wajib pada semester 5 program studi teknik elektro (S-1) di Universitas PGRI Banyuwangi.

REFERENSI

- [1] D. Sugiono, A. Lostari, N. Indah Riani, and A. Kusdyanto, "Studi Eksperimental Pengaruh Variasi CDI Terhadap Performa Kendaraan Empat Langkah," *Infotekmesin*, vol. 14, no. 1, pp. 135–140, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.35970/infotekmesin.v14i1.1656>
- [2] A. Surbakti, "Analisis Perbandingan Kadar Gas Buang Pada Motor Bensin Sistem Pengapian Elektronik (Cdi) Dan Pengapian Konvensional," *Pist. (Jurnal Ilm. Tek. Mesin Fak. Tek. UISU)*, vol. 2, no. 1, pp. 24–29, 2017, [Online]. Available: <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/piston/article/view/207>
- [3] A. Jamal and M. R. Fauzi, "Perancangan Penyalaan Engine Sepeda Motor Berbasis Arduino Melalui Bluetooth Android," *J. Surya Tek.*, vol. 8, no. 1, pp. 265–273, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.37859/jst.v8i1.2676>
- [4] R. Sukarno, D. R. Budi Syaka, and A. R. Asier, "Pengaruh Perubahan Ignition Timing Terhadap Kinerja Mesin Sepeda Motor Automatic 115Cc," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 4, no. 1, pp. 45–50, 2017, doi: <http://dx.doi.org/10.21009/jkem.4.1.8>
- [5] S. P. Santoso and F. Wijayanto, "Rancang Bangun Akses Pintu Dengan Sensor Suhu Dan Handsanitizer Otomatis Berbasis Arduino," *J. Elektro Univ. Krisnadwipayana*, vol. 10, no. 1, pp. 1–23, 2022, [Online]. Available: <https://jurnalteknik.unkris.ac.id/index.php/jie/article/view/137>
- [6] H. D. Putro, T. J. Saputra, and K. Suharno, "Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Sudut Pengapian Terhadap Performa Mesin Motor Tiger 200CC," in *Prosiding Seminar Nasional Riset Teknologi Terapan*, 2023, p. 1. [Online]. Available: <https://journal.untidar.ac.id/index.php/senaster/article/view/761>
- [7] D. Damayanti et al., "Analisis Efisiensi Performa Pembakaran Internal Pada Kerja Mesin Empat Langkah Terhadap Penambahan Zat Aditif Metanol," *J. Integr. Proses*, vol. 13, no. 1, pp. 59–66, 2024, doi: <http://dx.doi.org/10.62870/jip.v13i1.24936>
- [8] R. Progress and R. Challenges, "Improving Thermal Efficiency of Internal Combustion Engines: Recent Progress and Remaining Challenges," *Energies*, vol. 15, no. 6222, pp. 1–60, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/en15176222>

- [9] R. Sepriyatno, E. Siswanto, and N. Hamidi, "Performa Pada Motor Bakar 6-Langkah Dengan Langkah Power Ekspansi Sampai Titik Mati Bawah," *Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 2, pp. 411–419, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.21776/ub.jrm.2021.012.02.18>
- [10] A. Rahmadi and Mursalin, "Pengaruh Studi Komparasi Performa Motor Bensin dengan Sistem Injeksi Air Melalui Intake Manifold," *Creat. Res. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 48–53, 2021, doi: <http://dx.doi.org/10.30595/serie.v1i2.10862>
- [11] M. N. Hifni and N. A. Mufarida, "Uji Efisiensi Bahan Bakar dan Performa Mesin pada Motor Sport 250 CC: Perbandingan Sistem Karburator dan Injeksi," *J. Penelit. Inov.*, vol. 5, no. 2, pp. 1827–1836, 2025, doi: <https://doi.org/10.54082/jupin.1575>
- [12] F. Ramadhan and E. Elfiano, "Pengaruh Jarak Tembaga Rotor Distributor Pengapian Yang Telah Dimodifikasi Terhadap Kinerja Mesin Bensin Empat Silinder," *Action Res. Lit.*, vol. 11, no. 1, pp. 899–915, 2025, doi: <https://doi.org/10.46799/ar1.v9i5.2958>
- [13] D. R. B. Syaka, I. Mahir, and G. Muharrom Muslim, "Perbandingan Variasi Durasi Injeksi Dan Waktu Pengapian Terhadap Performa Daya Mesin Motor 4 Langkah Menggunakan Bahan Bakar Pertamina," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.21009/jkem.8.1.1>
- [14] S. A. Putra, I. A. Rozaq, and P. Lain, "Alat Pendeteksi Kerusakan Pengapian Pada Sepeda Motor CDI-DC Berbasis Arduino," *J. ELKON*, vol. 5, no. 1, pp. 49–60, 2025, doi: <https://doi.org/10.24176/elkon.v5i1.14638>
- [15] S. Suradi, F. Rahman, S. Selvi, and A. Wahyudi, "Perancangan Sistem Starter Sepeda Motor Menggunakan Aplikasi Android Berbasis Arduino Uno," *ILTEK J. Teknol.*, vol. 15, no. 01, pp. 17–20, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.47398/iltek.v15i01.5>
- [16] N. Iryani, H. Briantoro, E. D. Asmara, N. Iryani, and H. Briantoro, "Sistem Pembaca Sensor Gyroscope Untuk Menampilkan Nilai Rpm, Gyro, Dan Iot Based Gyroscope Sensor Reading System To," *J. Mhs. Inst. Teknol. Telkom Surabaya Fak. Teknol. Elektro dan Ind. Cerdas*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2023, [Online]. Available: <https://repositori.telkomuniversity.ac.id/>
- [17] D. Susilo and A. M. Maghfiroh, "Sensor Pengukur Kecepatan Putaran Motor Berbasis Mikrokontroller AT-Mega 8535," *ELECTRA Electr. Eng. Artic.*, vol. 3, no. 01, p. 43, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.25273/electra.v3i01.13983>
- [18] L. Cheng, G. Wang, and J. Lv, "Matching and Calibration of FSC Single Cylinder Engine," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 2902, no. 1, pp. 0–6, 2024, doi: <http://dx.doi.org/10.1088/1742-6596/2902/1/012001>
- [19] Y. Lestari and J. Andika, "Smart Sistem DAT (Detecting Anti Thief) Kendaraan Motor Dengan Fitur HMI Berbasis Android," *J. Teknol. Elektro*, vol. 10, no. 2, p. 119, 2019, doi: <http://dx.doi.org/10.22441/jte.v10i2.006>
- [20] M. T. Indriastuti, S. Arifin, N. Fadhillah, and T. Aprilianto, "Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Menggunakan Arduino Nano Dan Android Via Bluetooth," *J. Ilm. Teknol. Inf. Asia*, vol. 14, no. 1, pp. 19–30, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.32815/jitika.v14i1.425>
- [21] Warso, N. R. Prabowo, Sutarno, and Mastur, "Pengaruh Mapping Ignition Timing Engine Control Unit (ECU) Programmable Terhadap Torsi Dan Daya Motor Bensin 4 Langkah," *J. Permadi Perancangan, Manufaktur, Mater. Dan Energi*, vol. 2, no. 2, pp. 76–86, 2020, doi: <https://doi.org/10.52005/permadi.v2i2.37>

- [22] F. Leach, G. Kalghatgi, R. Stone, and P. Miles, "The Scope for Improving the Efficiency and Environmental Impact of Internal Combustion Engines," *Transp. Eng.*, vol. 1, no. 05, pp. 1–17, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.treng.2020.100005>
- [23] S. Lacock, A. A. du Plessis, and M. J. Booysen, "Electric Vehicle Drivetrain Efficiency and the Multi-Speed Transmission Question," *World Electr. Veh. J.*, vol. 14, no. 12, pp. 1–16, 2023, doi: <http://dx.doi.org/10.3390/wevj14120342>
- [24] E. Julianto and S. Sunaryo, "Analisis Pengaruh Putaran Mesin Pada Efisiensi Bahan Bakar Mesin Diesel 2Dg-Ftv," *J. Penelit. dan Pengabd. Kpd. Masy. UNSIQ*, vol. 7, no. 3, pp. 225–231, 2020, doi: <http://dx.doi.org/10.32699/ppkm.v7i3.1282>
- [25] A. R. Triatmoko, "Pengaruh Variasi Jenis Koil dan Mapping Derajat Pengapian Menggunakan Programmable CDI Terhadap Daya Pada Motor Bensin 110 CC," *J. Creat. Student Res.*, vol. 2, no. 3, pp. 277–286, 2024, doi: <https://doi.org/10.55606/jcsrpolitama.v2i3.3920>
- [26] Mustakim and S. Gunawan, "Pengaruh Sudut Pengapian CDI Programmable terhadap Performa Daya dan Torsi Mesin Sepeda Motor 110 CC," *J. Penelit. Inov.*, vol. 5, no. 3, pp. 2427–2438, 2025, doi: <https://doi.org/10.54082/jupin.1741>
- [27] S. Nasional, T. Elektro, R. J. Wijaya, D. R. Sawitri, T. Elektro, and U. Dianuswantoro, "Hubungan Kecepatan Putar (Rpm) Dan Torsi Pada Motor Induksi: Pengujian Berbeban," *Semin. Nas. Tek. Elektro Forum Pendidik. Tinggi Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 1, pp. 109–120, 2025, doi: <http://dx.doi.org/10.46962/snte.25.077>