

RANCANG BANGUN *ELECTRONIC CONTROL UNIT* BERBASIS ARDUINO PADA MESIN MOTOR DUA LANGKAH

Fahmy F. Dalimarta¹, Muzakki Mahdi², Jaelani³, Randi D. Wibisono⁴

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Muhammadiyah Tegal, Tegal, Indonesia

Email: fahmy@pmt.ac.id

ABSTRACT

Two-stroke engine motorcycles are known for their relatively wasteful fuel consumption. These motorcycles often had issues, such as the carburetor not functioning optimally. An unstable carburetor system results in fuel discharge that does not match correctly. This research aims to design and build a series of Electronic Control Units (ECU) based on Arduino Nano as a microcontroller and coupled with a fuel injection pump to replace the carburetor that can adjust the fuel opening on a 2-stroke engine and store these settings permanently. The design of the ECU was developed using the research and development method of a vehicle engine prototype, namely the Engine Module Simulator, which represents the Throttle Position Sensor and Pulser. After the prototype shows relevant test results, the ECU is applied to the actual vehicle. The test results of this ECU device showed an increase in fuel consumption ratio to mileage, formerly at 1:14.4, to 1:27.4 kilometers per liter of fuel. The efficiency obtained is nearly 90.3 percent.

Keywords: Arduino; Electronic Control Unit, Engine Two-Stroke

ABSTRAK

Pengguna sepeda motor dua-langkah dihadapkan pada realitas bahwa konsumsi bahan bakar kendaraan mereka relatif boros, disamping itu terdapat kendala yang sering terjadi yakni tidak berfungsinya karburator kendaraan secara optimal. Hal ini menjadi permasalahan karena sistem karburator yang tidak stabil mengakibatkan debit bahan bakar yang keluar tidak sesuai dengan yang semestinya. Tujuan penelitian ini adalah perancangan dan pembangunan sebuah rangkaian *Electronic Control Unit* (ECU) yang terhubung dengan pompa injeksi bahan bakar guna menggantikan karburator yang dapat mengatur bukaan bahan bakar pada mesin dua-langkah dan menyimpan pengaturan tersebut secara permanen. Perancangan ECU dikembangkan dengan metode riset dan pengembangan purwarupa mesin kendaraan *Engine Module Simulator* yang merepresentasikan *Throttle Position Sensor* dan *Pulser*. Setelah purwarupa menunjukkan hasil uji yang sesuai, maka ECU diterapkan pada kendaraan yang sebenarnya. Hasil pengujian perangkat ECU ini didapatkan peningkatan rasio konsumsi bahan bakar berbanding jarak tempuh dari 1:14.4 menjadi 1:27.4 kilometer per liter bahan bakar. Persentase penghematan yang didapatkan adalah sebesar 90.3 persen.

Kata kunci: Arduino, Electronic Control Unit, Mesin Dua-Langkah

PENDAHULUAN

Jumlah kendaraan bermotor roda dua di Indonesia pada akhir tahun 2020 tercatat lebih dari 115 juta kendaraan dengan persentase pertumbuhan per tahun mencapai 5,03 persen (Badan Pusat Statistik RI, 2021). Sebagian kecil dari jenis kendaraan tersebut masih terdapat kendaraan bermesin dua-langkah. Sementara angka konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) nasional jenis bensin RON 88 pada semester 1

tahun 2021 mencapai 2.392.543 kiloliter (Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2021). Pengguna kendaraan sepeda motor dua-langkah memiliki masalah klasik terhadap kendaraannya yakni konsumsi bahan bakar yang boros (Ahtian & Sari, 2022). Hal ini tentunya dapat membuat angka konsumsi BBM meningkat. Masalah lain yang sering terjadi pada kendaraan dua-langkah adalah kegagalan fungsi karburator yakni berubahnya pengaturan

karburator secara mendadak dan tidak terkontrol, baik saat hendak dikalibrasi maupun setelah dilakukan kalibrasi. Hal ini mengakibatkan aliran bahan bakar ke area mesin menjadi tidak stabil (Amir, 2019).

Salah satu cara mengatasi problem karburator pada mesin dua-langkah adalah dengan menggantinya dengan sistem injeksi (Reddy *et al.*, 2021). Komponen utama yang dibutuhkan saat mengganti sistem karburator menjadi sistem injeksi adalah *Electronic Control Unit* (ECU). ECU bertugas mengatur semprotan *fuel* injektor yang ada di *throttle body* dan mengatur semprotan oli samping sesuai dengan kebutuhan ruang bakar (Setiyo & Utoro, 2017). Untuk menyelesaikan tugas ini, ECU mengandalkan data dari berbagai macam sensor yang dipasang dan selanjutnya mengikuti alur pemrograman yang telah ditentukan sebelumnya (pemetaan) untuk menentukan hasil luaran yang dikehendaki (Šarkan *et al.*, 2022).

Setelah ECU menerima data dari sensor, data diolah sesuai pemetaan untuk menghitung besar pembukaan dan durasi waktu pembukaan katup bahan bakar yang harus diberikan, sekaligus menentukan durasi waktu injektor bekerja (*ON*) (Kawahara, 2008).

Sering menjadi masalah adalah banyaknya jumlah sensor yang menjadi masukan membuat sistem menerima jenis inputan yang berbeda dengan yang diharapkan ECU (Cheng *et al.*, 2019). ECU hanya mengenali sinyal digital. Sedangkan sensor tipe resistif menghasilkan sebuah variasi tegangan ke komputer yang berupa sinyal analog. Semua sinyal analog harus diubah menjadi sinyal digital. Untuk itu di dalam ECU ini dilengkapi dengan *analog to digital converter* (*A/D Converter*).

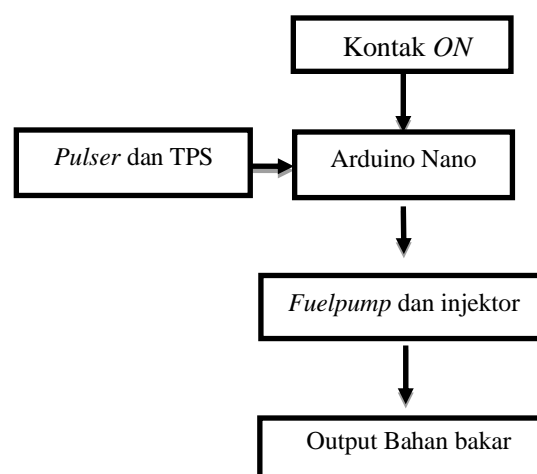
Volume penyemprotan injeksi harus disesuaikan dengan durasi waktu pembukaan nosel / injektor (Achebe *et al.*, 2020). Ketika ECU menerima data dari sensor, data kemudian dianalisis apakah terjadi penyimpangan dari nilai data standar yang ditentukan program. Jika terjadi penyimpangan, maka ECU akan

mengubah kerja sistem agar nilai data tersebut sesuai dengan data standar yang ditetapkan program (Señara *et al.*, 2022).

Hal-hal tersebut di atas membuat pemilik dan pengguna kendaraan sepeda motor dua-langkah sering mengalami kendala dalam merawat dan menggunakan kendaraan yang dimiliki (Mahmoudzadeh Andwari *et al.*, 2019). Oleh karena itu perlu dirancang sebuah rangkaian ECU untuk mengatur bukaan katup bahan bakar dan menyimpan pengaturan program bukaan katup tersebut pada sepeda motor dua-langkah kemudian diaplikasikan menggunakan sistem injeksi, rangkaian ini akan menggunakan Arduino Nano sebagai kontroler. Untuk memudahkan pembuatan purwarupa ECU, akan dirancang juga sebuah *Throttle Position Sensor* (TPS) (Pramudito *et al.*, 2021).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan membuat purwarupa penyaluran bahan bakar pada sepeda motor mesin dua-langkah. Selanjutnya dibuat membuat sistem yang sebenarnya dan kemudian diujicoba pada sepeda motor bermesin dua-langkah. Diagram blok dari sistem pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1.



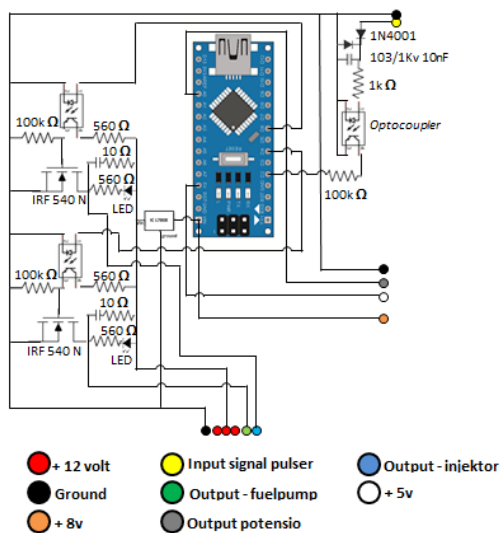
Gambar 1. Diagram Blok Sistem ECU Motor Dua Langkah Injeksi

Secara umum tiap-tiap bagian dari diagram blok dapat dijelaskan dimulai dengan input sinyal digital yang disampaikan dari *Throttle Position Sensor* (TPS) dan *Pulser*, kemudian *Pulser* dan TPS mengirimkan sinyal digital berupa informasi yang diteruskan ke rangkaian ECU dan oleh arduino diolah agar mampu memberi perintah kepada *fuel pump* dan injektor agar menyemburkan bahan bakar sesuai dengan masukan.

Komponen yang berperan untuk menerima seluruh input dari *pulser* dan TPS adalah Arduino Nano V3. Proses pengolahan data sesuai pemetaan yang ditentukan yakni dengan membuat skrip koding terhadap Arduino Nano. Nantinya, Arduino mampu menghasilkan sinyal luaran guna memberikan perintah kepada yakni *fuel pump* dan injektor.

Pada penelitian ini juga dibangun *Engine Module Simulator* (EMS) sebagai purwarupa mesin motor yakni merepresentasikan fungsi pulser dan TPS. EMS ini digunakan saat pengujian awal sebelum implementasi langsung pada sepeda motor yang sesungguhnya.

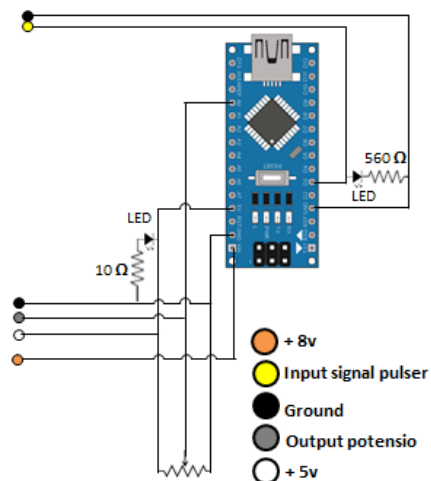
Guna mendukung kerja optimal dari Arduino Nano milik ECU maka diperlukan tambahan satu Arduino Nano pada EMS. Purwarupa EMS yang dibangun berfungsi menghasilkan *Pulse Width Modulation* (PWM) sebagaimana luaran *pulser* dan TPS.



Gambar 2. Rancangan Rangkaian Sirkuit ECU

Penjelasan diagram pada rancangan rangkaian listrik pada sirkuit ECU pada Gambar 2 adalah sebagai berikut:

1. Kondisi awal kelistrikan 0 volt, kemudian ketika kunci kontak dalam status *ON* maka tegangan 12-volt akan masuk ke dalam rangkaian dan terbagi ke jalur yang ditentukan.
2. Pembagian tegangan mengalir menuju *IC* regulator L7812 guna menstabilkan tegangan *accumulator* yang bernilai 12-14 volt menjadi 12 volt.
3. Pembagian tegangan mengalir menuju *IC* regulator L7808 akan memotong tegangan 12-volt menjadi 8-volt sebagai tegangan kerja *Arduino Nano*.
4. Saat Arduino Nano teraliri tegangan, maka akan menghidupkan *optocoupler* yang berfungsi sebagai saklar dengan sensor cahaya.
5. Disaat yang sama transistor IRF 540 yang menjadi saklar akan menghidupkan *fuel pump* selama beberapa detik seperti motor injeksi pada umumnya.
6. Ketika mesin mulai dinyalakan maka sinyal digital dikirimkan oleh *pulser* ke rangkaian lalu diteruskan ke Arduino Nano ECU. Kemudian diolah lagi menjadi *signal output* untuk menjadi tegangan guna menjalankan *fuelpump* dan injektor.



Gambar 3. Rancangan Rangkaian Sirkuit EMS

Penjelasan diagram pada rancangan penelitian EMS pada Gambar 3 adalah sebagai berikut:

1. Arduino Nano EMS mendapatkan sumber tegangan secara paralel dari pin *Vin* milik Arduino Nano ECU.
2. Tegangan 5 Volt dari *pin* 5V dialirkan ke potensio sebagai tegangan masukan dan LED sebagai indikator bahwa EMS sudah aktif setelah sebelumnya diberi tahanan sebesar 10Ω .
3. *Vout* dari potensio ke pin A0 Arduino Nano sebagai pemberi nilai untuk memancarkan sinyal PWM.
4. Salah satu pin luaran Arduino Nano disambung secara paralel ke soket luaran EMS dan resistor beserta LED sebagai indikator kedip sesuai dengan keluaran sinyal PWM.
5. Pada EMS terdapat dua soket utama yang harus dihubungkan ke ECU sebagai *simulator* TPS dan *pulser* secara paralel.

Proses pengkodean Arduino Nano MCU kemudian dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pengaturan saat ECU hidup yakni menyalakan *fuelpump* selama 0,8 detik dengan perintah:


```
digitalWrite(FuelPump, HIGH);
delay(800);
digitalWrite(FuelPump, LOW);
```
2. Selanjutnya ECU menerima input sinyal PWM dari mesin sepeda motor yang mengindikasikan mesin sudah menyala. ECU akan memberikan output tegangan 5 volt guna mengaktifkan *switching optocoupler* guna menghidupkan *fuelpump* saat mesin sudah mulai berputar.

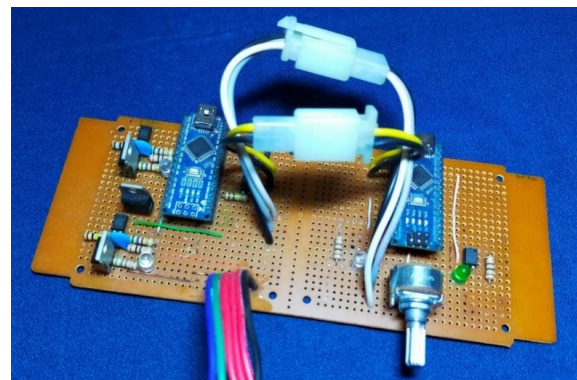

```
if(rpm <= 1){
  digitalWrite(FuelPump, LOW);
} else if(rpm > 1){
  digitalWrite(FuelPump, HIGH);
}
```
3. ECU juga berfungsi untuk pengatur durasi injektor dalam menyemburkan bahan bakar tiap putaran mesin sesuai bukaan gas. Saat perakitan purwarupa, semburan diatur

dengan besaran nilai potensio.

```
if(tps_r <= 100){
  lag = 4000;
  inject_delay = 2400;
} else if(tps_r > 100){
  lag = 200;
  inject_delay = 3000;
}
```

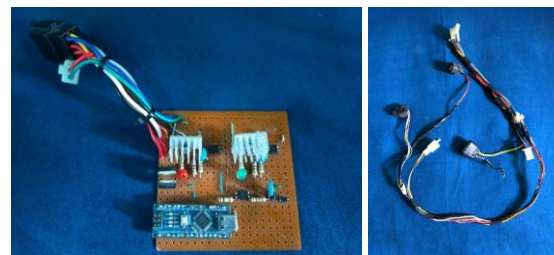
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan ECU dan purwarupa EMS ditunjukkan pada Gambar 4. Dimensi ECU memiliki dimensi panjang 9cm dengan lebar 7cm serta memiliki tinggi 3,5cm.



Gambar 4. Rangkaian ECU dan Purwarupa EMS

Pemasangan ECU dalam kondisi sebenarnya pada sepeda motor membutuhkan kabel instalasi tambahan yang telah disesuaikan agar bisa diaplikasikan tanpa merubah jalur kelistrikan asli dari sepeda motor, hal ini ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rangkaian ECU dan pengabelan

Sepeda motor yang akan dipasangkan ECU dan kabel pemasangan tambahan harus dilucuti terlebih dahulu penutup rangka nya agar mempermudah instalasi ECU dan

pengabelan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.



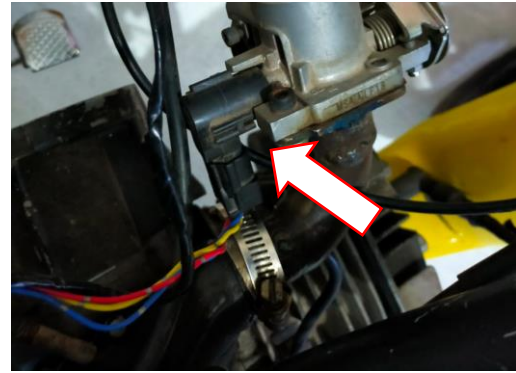
Gambar 6. Pembukaan Penutup Rangka

Pada proses pemasangan kabel tambahan pertama adalah soket kabel sumber tegangan utama yang mengambil jalur dari kunci kontak. Proses pemasangan berikutnya adalah pemasangan soket *fuel pump* yang berfungsi untuk memompa bahan bakar bertekanan menuju injektor untuk disemburkan nanti, hal ini terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemasangan Soket pada *fuel pump*

Selanjutnya proses pemasangan soket kabel *pulser* yang berfungsi sebagai pengirim sinyal PWM yang diperoleh dari putaran mesin yang sudah hidup untuk diteruskan nantinya ke ECU. Proses selanjutnya pada Gambar 8 adalah pemasangan soket TPS sebagai sensor pembaca bukaan putaran *throttle/gas* yang akan dibaca oleh ECU.



Gambar 8. Pemasangan TPS

Proses selanjutnya dalam pemasangan kabel tambahan yaitu pemasangan soket kabel injektor yang berfungsi menyemprotkan bahan bakar bertekanan setelah mendapatkan perintah dari ECU, terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Pemasangan Soket pada Injektor

Terakhir adalah instalasi soket ECU sebagai pelindung agar mikrokontroler aman dari percikan air baik saat mencuci maupun saat hujan terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Pemasangan Soket ECU

Pada Tabel 1 adalah hasil uji coba sepeda motor dua-langkah dengan konsumsi satu liter bahan bakar bensin dengan *Research Octane Number* (RON)-88 saat sebelum menggunakan ECU dan setelah dipasangkan ECU injeksi. Pengujian dilakukan dengan sistem *empty tank challenge* yakni kendaraan dipakai hingga bahan bakar habis lalu diukur jarak yang telah ditempuh (Prasetyo *et al.*, 2021).

Tabel 1. Hasil Ujicoba Konsumsi BBM

Tipe	Medan	BBM	Jarak	nUji
Karburator	Landai	1	16.2	6
ECU-Inj	Landai	1	30.8	3
Karburator	Curam	1	12.6	2
ECU-Inj	Curam	1	24	2

Hasil uji coba yang telah dilakukan menunjukkan bahwa jarak yang ditempuh oleh kendaraan 2-langkah yang menggunakan ECU dan Injeksi lebih jauh dibandingkan karburator. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hidayat & Soewono (2018) dan Suparta *et al.*, (2021), membandingkan kebutuhan bahan bakar antara sepeda motor 4-langkah menggunakan karburator dan injeksi, hasil yang didapat menunjukkan sistem bahan bakar injeksi lebih hemat 19,3% pada semua tingkat kecepatan.

Pada aspek lain dari ujicoba ini diketahui bahwa pada jalanan dengan *grade* atau derajat kemiringan lebih tinggi, dengan penggunaan alat pencampur bahan bakar yang sama baik

karburator atau ECU-Injeksi diperoleh jarak yang lebih pendek. Duarte *et al.*, (2014) dan Duc *et al.*, (2021) melakukan penelitian yang membuktikan bahwa kemiringan jalan mempengaruhi konsumsi bahan bakar sepeda motor. Hal ini sesuai dengan persamaan (1) pada konsep *Vehicle-Specific Power* (VSP).

$$VSP = v \times (a + g \times \tan(\sin(\text{grade})) + \varphi) + \delta \times v^3 \quad (1)$$

dimana v adalah kecepatan kendaraan, a adalah percepatan kendaraan, $grade$ adalah tingkat kemiringan jalan, φ adalah koefisien tahanan gelinding, dan δ adalah koefisien seret.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian rancang bangun ECU untuk kendaraan motor bermesin dua-langkah telah diuji coba dan memperoleh hasil yang lebih baik daripada sistem karburator. Perbandingan hasil jelajah rerata saat menggunakan karburator untuk satu liter bensin adalah 14,4 km. Sedangkan ketika sudah menggunakan ECU Injeksi jarak tempuh rerata untuk satu liter bensin menjadi 27,4 km. Penghematan yang dilakukan mencapai 90,3%.

Pengembangan lebih lanjut dari penelitian ini adalah pengembangan ECU sebagai pengontrol keseluruhan aspek kendaraan, tidak hanya terbatas pada kontrol dan pengaturan pencampuran bahan bakar.

DAFTAR RUJUKAN

- Achebe, C. H., Ogunedo, B. M. O., Chukwunke, J. L., & Anosike, N. B. (2020). Analysis of diesel engine injector nozzle spray characteristics fueled with residual fuel oil. *Heliyon*, 6(8), e04637. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04637>
- Ahtian, M., & Sari, R. (2022). Metode Forward Chaining Pada Sistem Pakar Diagnosa Gangguan Mesin Sepeda Motor Vespa-2-Tak. *Journal of Students' Research in Computer Science*, 3(1), 73–88. <https://doi.org/10.31599/jsrsc.v3i1.1176>

- Amir. (2019). Pelatihan Servis Sepeda Motor Tipe Karburator untuk Karang Taruna Desa Srikamulyan, Kecamatan Tirtajaya, Kabupaten Karawang. *Jurnal Buana Pengabdian*, 1(2), 54–66. <https://doi.org/10.36805/jurnalbuana-pengabdian.v1i2.1207>
- Badan Pusat Statistik RI. (2021). *Statistik Transportasi Darat 2020*.
- Cheng, A., Wang, L., Xiong, Q., Zhang, Y., & Feng, Y. (2019). Design of Analog Signal Detection System for Vehicle Control Unit. *2019 Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, 3012–3015. <https://doi.org/10.1109/CCDC.2019.8833159>
- Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2021). *Statistik Minyak dan Gas Bumi Semester I 2021*.
- Duarte, G. O., Gonçalves, G. A., & Farias, T. L. (2014). A Methodology to Estimate Real-world Vehicle Fuel Use and Emissions based on Certification Cycle Data. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, 702–710. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.104>
- Duc, K. N., Nguyen, Y.-L. T., Duy, T. N., Nghiem, T.-D., Le, A.-T., & Huu, T. P. (2021). A robust method for collecting and processing the on-road instantaneous data of fuel consumption and speed for motorcycles. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 71(1), 81–101. <https://doi.org/10.1080/10962247.2020.1834470>
- Hidayat, S., & Soewono, A. (2018). Kaji Eksperimental Pengaruh Fuel Injection Pulse Terhadap Kinerja Motor Otto. *Cylinder*, 4(1), 14–20.
- Kawahara, N. (2008). Automotive Applications. In *Comprehensive Microsystems* (pp. 369–390). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-044452190-3.00067-7>
- Mahmoudzadeh Andwari, A., Pesyridis, A., Esfahanian, V., & Said, M. (2019). Combustion and Emission Enhancement of a Spark Ignition Two-Stroke Cycle Engine Utilizing Internal and External Exhaust Gas Recirculation Approach at Low-Load Operation. *Energies*, 12(4), 609. <https://doi.org/10.3390/en12040609>
- Pramudito, G., Fibriani, L. N., & Syahroni, S. (2021). Pembuatan Alat TPS (Throttle Position Sensor) Checker Pada Sepeda Motor Honda Revo PGM-FI Berbasis IoT Menggunakan Modul ESP32. *Technologic*, 12(2). <https://doi.org/10.52453/t.v12i2.381>
- Prasetyo, I., Saputro, Y., & Khalilullah, A. R. (2021). Perbandingan Efisiensi Bahan Bakar dan Emisi Gas Buang Kendaraan Teknologi VVT-I Dengan Dual VVT-I. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 9(1), 42–49. <https://doi.org/10.23887/jptm.v9i1.31385>
- Reddy, K. V. M. K., Reddy, B. M., Reddy, K. C. S., Kartheek, P., & Adarsh, T. S. (2021). Comparative investigation of electronic fuel injection in two-wheeler applications: A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1116(1), 012073. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1116/1/012073>
- Šarkan, B., Loman, M., Synák, F., Richtář, M., & Gidlewski, M. (2022). Influence of Engine Electronic Management Fault Simulation on Vehicle Operation. *Sensors*, 22(5), 2054. <https://doi.org/10.3390/s22052054>
- Señara, A. L., Emata, V. D., & Quento, N. D. (2022). Engine Electronic Control Module (ECM): An Instructional Mock-Up Development. *Global Scientific Journal*, 10(3), 1180–1196.
- Setiyo, M., & Utoro, L. (2017). Re-Mapping Engine Control Unit (ECU) Untuk Menaikkan Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor. *Sintek Jurnal*, 11(2), 62–68.
- Suparta, I. N., Suarta, I. M., Rahtika, I. P. G. S., & Sunu, P. W. (2021). Perbandingan konsumsi bahan bakar pada sistem injeksi dan sistem karburator. *Journal of Applied Mechanical Engineering and Green Technology*, 2(3), 108–113. <https://doi.org/10.31940/jametech.v2i3.108>