

## PENGEMBANGAN ALAT MONITORING BAHAN BAKAR SEPEDA MOTOR BERBASIS DIGITAL DENGAN PERBAIKAN SISTEM KENDALI

### DEVELOPMENT OF A DIGITAL-BASED MOTORCYCLE FUEL MONITORING DEVICE WITH IMPROVED CONTROL SYSTEM

**<sup>1</sup>Joni Arif, <sup>2</sup>Hasbullah, <sup>3</sup>Isa Ferdiansyah, <sup>4</sup>Ivan Setiawan, <sup>5</sup> Riwand Rivaldo Marbun, <sup>6</sup>Rommy Andrian**

<sup>1,2,3,4,5,6</sup>Teknik Mesin,Fakultas Teknik Universitas Pamulang

Jl. Lintas Serang - Jakarta Kampung Malandang Kel. Kelodran Kec. Walantaka, Kota Serang - Banten

email : [1dosen10017@unpam.ac.id](mailto:1dosen10017@unpam.ac.id)

#### ABSTRAK

Perancangan alat ini menggunakan alat *engine test* yang bertujuan untuk mengetahui nilai konsumsi bahan bakar pada putaran tertentu yang menggunakan gelas ukur dan fuel flow meter yang berbasis micro controller PLC sebagai alat kendalinya. Penelitian ini dilakukan di laboratorium teknik otomotif, dengan melakukan pengujian pada engine test. Langkah-langkah perancangan dilakukan dengan melakukan studi lapangan dan studi kepustakaan. Prinsip kerja alat ini ialah dengan menghubungkan selang bensin dengan alat ini sehingga bahan bakar yang mengalir harus melewati alat ini konsumsi bahan bakar diukur dengan menggunakan gelas ukur dan stop watch sebagai pencatat waktu. Kemudian disensor menggunakan fuel flow meter yang bekerja menggunakan prinsip switching untuk menghitung jumlah bahan bakar yang lewat. Pada pengujian motor bensin menghasilkan daya poros efektif 63,251 kw pada putaran 4000 rpm. Pemakaian bahan bakar dinyatakan dalam kg/jam yaitu didapat 13,5 kg/jam pada putaran 3600 rpm, pemakaian bahan bakar spesifik 200 gram/kwh. Diharapkan pada penulisan ini dapat mengetahui pengetahuan dasar mengenai aliran konsumsi pada sistem bakar kendaraan dengan penambahan alat sistem control elektronik (PLC).

**Kata Kunci :** *Engine Test, Sensor, Flowmeter, Micro Controller.*

#### ABSTRACT

*The design of this tool uses an engine test tool that aims to determine the value of fuel consumption at certain rotations using a measuring cup and a fuel flow meter based on a PLC micro controller as its control tool. This research was conducted in an automotive engineering laboratory, by testing the engine test. The design steps are carried out by conducting field studies and literature studies. The working principle of this tool is to connect the gasoline hose to this tool so that the fuel that flows must pass through this tool, fuel consumption is measured using a measuring cup and a stopwatch as a time recorder. Then it is censored using a fuel flow meter that works using the switching principle to calculate the amount of fuel that passes through. In testing, the gasoline engine produces an effective shaft power of 63.251 kw at 4000 rpm. Fuel consumption is expressed in kg / hour, which is 13.5 kg / hour at 3600 rpm, specific fuel consumption is 200 grams / kwh. It is hoped that in this writing, basic knowledge can be found regarding the flow of consumption in the vehicle's combustion system with the addition of an electronic control system (PLC) tool.*

**Keywords:** *Engine Test, Sensor, Flowmeter, Micro Controller.*

## I. PENDAHULUAN

*Engine test* merupakan seperangkat alat motor bakar yang digunakan untuk menentukan karakter mesin. *Engine test* secara umum terdiri dari mesin pembakaran dalam, penyerap (*couple*) energi/daya, sistem transmisi daya, sistem pendingin, kelistrikan, dan alat ukur.[1] Mesin pembakaran dalam dapat berupa mesin 2 (dua) tak atau 4 (empat) tak, baik bensin maupun

diesel.[2] Penyerap daya atau energi dapat menggunakan dinamometer, generator/alternator, mekanisme pengereman dan fluida penyerap energi (dome load). Selanjutnya sistem pendingin dapat menggunakan fluida minyak pelumas, air atau udara.[3] Kelistrikan atau alat ukur digunakan untuk menampilkan parameter proses pembakaran yang meliputi konsumsi bahan bakar, tekanan, temperature, putaran, arus listrik (volt, ampere), dan pengaturan pengapian ke bentuk data terukur secara kuantitatif.[4,5] Selanjutnya karakteristik mesin ditentukan oleh hubungan sistem pengaturan (pengapian, aliran bahan bakar, aliran udara, sudut pengapian) terhadap konsumsi bahan bakar, tekanan, temperature, torsi, daya dan efisiensi (thermos dan mekanis).[5] Kendaraan bermotor, khususnya sepeda motor berbahan bakar bensin, merupakan salah satu moda transportasi utama masyarakat di Indonesia.[6,7] Efisiensi penggunaan bahan bakar menjadi faktor penting dalam operasional kendaraan, baik dari segi ekonomi maupun keberlanjutan energi. [7] Namun demikian, hingga saat ini masih banyak sepeda motor yang belum dilengkapi dengan sistem pengukuran bahan bakar yang akurat dan responsif, terutama pada kendaraan model lama atau kendaraan dengan sistem pengukuran analog yang kurang presisi.[8] Masalah umum yang dihadapi oleh pengguna sepeda motor adalah kesulitan dalam memantau konsumsi bahan bakar secara real-time, sehingga dapat menyebabkan keterlambatan pengisian bahan bakar dan bahkan mogok di tengah perjalanan. [9] Selain itu, sistem pengontrol bahan bakar yang digunakan pada sebagian kendaraan seringkali tidak memberikan informasi yang tepat karena adanya keterlambatan respon sensor, kesalahan kalibrasi, ataupun keterbatasan teknologi pengontrol konvensional.[10,11]

Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan inovasi berupa alat pengukur bahan bakar yang tidak hanya mampu memberikan hasil pengukuran yang lebih akurat, tetapi juga didukung oleh sistem pengontrol yang efisien dan adaptif.[11] Pembuatan alat ini dapat menggunakan prinsip dasar sensor level bahan bakar yang terintegrasi dengan mikrokontroler dan sistem tampilan digital yang mudah dipahami oleh pengguna. [12,13] Dalam penelitian ini, selain merancang alat pengukur, juga diajukan usulan perbaikan pada sistem pengontrol guna meningkatkan keakuratan data, kecepatan respon, dan efisiensi pemrosesan informasi. [13] Melalui pengembangan alat ini diharapkan pengguna kendaraan bermotor dapat memperoleh informasi yang lebih presisi mengenai sisa bahan bakar, merencanakan penggunaan bahan bakar dengan lebih baik, serta mengurangi risiko kehabisan bahan bakar secara mendadak.[14] Di sisi lain, dari perspektif teknik, proyek ini dapat menjadi sarana pengembangan teknologi pengukuran

dan kontrol sistem berbasis mikrokontroler yang aplikatif dan relevan untuk kebutuhan industri otomotif masa kini.[15,16]

Secara teoritis sebenarnya peralatan *engine test* relatif sederhana dan seharusnya mudah diusahakan untuk mendukung pengujian bahan bakar baru, karakteristik bahan bakar baru terhadap mesin dan modifikasi mesin pembakaran dalam itu sendiri.[17,18] Namun dalam aplikasi dilingkungan pendidikan, pelatihan, dan lembaga penelitian, *engine test* biasanya diusahakan dengan biaya pengadaan relative tinggi sehubungan alat tersebut di impor atau diusahakan lewat jasa swasta. [19,20] Pada penelitian Alat Uji Bahan Bakar Pada Sistem Motor Bensin menggunakan mesin bensin dikarenakan saat ini mesin bensin adalah mesin paling efektif dan efisien. Penelitian ini pula merupakan langkah awal untuk mengetahui sistem pengujian yang dipergunakan pada motor bensin, terutama pada jenis dan macam – macam alat ukur yang sudah barang tentu akan membantu serta mempermudah proses pengujian sehingga dapat melihat dan mengetahui sifat dan karakteristik dari pada motor bensin.

## II. METODELOGI PENELITIAN

Pada penelitian alat pengontrol konsumsi bahan bakar motor bensin ini tentunya ada parameter – parameter prestasi motor bensin yang harus diketahui diantaranya yaitu :

1. Pemakaian bahan bakar
2. Daya poros
3. Perbandingan bahan bakar dengan udara

Untuk berbagai kondisi operasi harga parameter prestasi sistem uji bahan bakar motor bensin diatas akan ber variasi dan menggambarkan prestasi kerja mesin. Kondisi operasi sistem uji ini dapat diubah salah satu atau keduanya pada saat yang bersamaan. Pengubah kondisi operasi tersebut dapat dilakukan dengan mengubah katup gas atau mengatur beban. Dan dengan penambahan alat pengontrol elektronik berbasis *micro controller* (PLC) untuk memudahkan pengoperasian dan penghitungan aliran bahan bakar.

### A. Alur Penelitian

1. Studi Literatur dalam Melakukan kajian teori terkait:
  - a) Sistem pengukuran bahan bakar pada kendaraan,
  - b) Sensor level bahan bakar (misalnya sensor ultrasonik atau pelampung resistif),
  - c) Mikrokontroler (seperti Arduino atau ESP32),

- d) Sistem pengontrol dan kalibrasi sensor.

2. Perancangan Sistem

A. Perancangan perangkat keras (hardware):

- a) Sensor pengukur ketinggian/volume bahan bakar,
- b) Mikrokontroler sebagai pengolah data,
- c) Display digital (LCD atau OLED),
- d) Catu daya (power supply) dan rangkaian pendukung.

B. Perancangan perangkat lunak (software):

- a) Pemrograman mikrokontroler menggunakan Arduino IDE,
- b) Implementasi algoritma pengontrol,
- c) Pengolahan dan kalibrasi data sensor.

3. Proses Pembuatan Alat

- a) Perakitan komponen elektronik,
- b) Pengujian koneksi dan fungsi sensor,
- c) Pemasangan alat pada tangki uji bahan bakar.

4. Usulan Perbaikan Sistem Pengontrol

- a) Implementasi filter data (misalnya Moving Average),
- b) Kalibrasi ulang sensor berdasarkan bentuk dan volume tangki,
- c) Penyesuaian logika pemrograman agar alat lebih responsif dan stabil,
- d) Evaluasi performa alat sebelum dan sesudah usulan pengontrol diterapkan.

5. Pengujian dan Pengambilan Data

- a) Pengujian alat dalam berbagai level bahan bakar (0–100%),
- b) Pengukuran akurasi dan waktu respon,
- c) Perbandingan dengan alat ukur konvensional/manual.

6. Analisis Hasil dan Evaluasi

- a) Analisis kesalahan pengukuran (error),
- b) Evaluasi keandalan sistem pengontrol,
- c) Penyimpulan efektivitas alat secara keseluruhan.

### III. ANALISA & PEMBAHASAN

Pada kondisi putaran poros (n) = 4000 rpm, diperoleh hasil pengukuran sebagai berikut :

- a) Hasil pengukuran tekanan indicator, hasil pengamatan yang dilakukan didapat tekanan indikator pada alat ukur sebesar ( $p_i = 1088 \text{ kpa}$ ).
- b) Pengukuran Pemakaian bahan bakar, Gelas ukuran menunjukkan pemakaian bahan bakar 100cc dalam 20 detik. Massa jenis bahan bakar  $0,75 \text{ gram/cm}^3$ . Nilai kalor pembakaran bawah (LHV) =  $44.000 \text{ kj/kg}$ .
- c) Pengukuran pembakaran udara, Manometer menunjukkan perbedaan tekanan sisi masuk dan sisi keluar. *air flow meter* sebesar  $\Delta P = 3,5 \text{ mm H}_2\text{O}$ .
  - a. Temperature ambient  $30^\circ\text{C}$  dan tekanan udara luar  $76 \text{ cmHg}$ .
  - b. Diameter lubang orifice  $d = 55 \text{ mm}$  dan koefisien discharge  $cd = 0,6$ . Konstanta gas universal =  $287 \text{ j/ kg}^0\text{K}$

#### A. Daya Poros Efektif (Ne)

Daya poros merupakan energi luaran dari mesin pengukuran menggunakan dinamometer dan tachometer.

$$F = 38,5 \text{ kg} = 38,5 \times 9,81 \text{ N} = 377,69 \text{ N}$$

$$Mt = F \times L = 377,69 \text{ N} \times 40 \text{ cm} = 151 \text{ Nm}$$

$$Ne = Mt \times 2\pi \times n/60 = 151 \times 2\pi \times 4000/60 = 63250,7 \text{ Watt} = 63,251 \text{ kw}$$

#### B. Daya Indikator $N_i$

Daya indikator yaitu daya gas pembakaran di dalam silinder yang dapat dihitung jika tekanan efektif rata-rata indikator ( $P_i$  rata-rata) sudah dapat diketahui maka :

$$\begin{aligned} N_i &= P_i \cdot V_L \cdot z \cdot n \cdot a (\text{Pa}) = (1.088 \cdot 10^3) \times (0.001836) \times (4) \times (66,6667) \times (0,5) \\ &= 266342,8 \text{ Watt} = 266,3428 \text{ kw} \end{aligned}$$

- a) Tekanan efektif rata-rata (Pe)

Tekanan efektif rata-rata sebagai tekanan efektif gas pembakaran terhadap piston sepanjang langkahnya untuk menghasilkan kerja per siklus.

$$\begin{aligned} Pe &= Ne / V_L \cdot z \cdot n \cdot a (\text{Pa}) = 63250,7 / (0,001836) \times (4) \times (66,667) \times (0,5) \\ &= 63250,7 / 0,2448012 = 258375,78 \text{ Pa} = 258,37578 \text{ kpa} \end{aligned}$$

#### C. Pemakaian Bahan Bakar $m_{bb}$

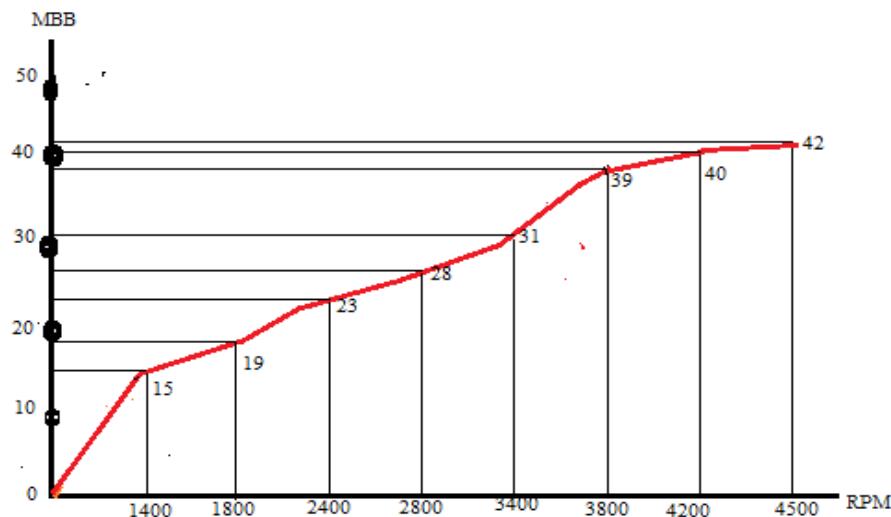
Pemakaian bahan bakar dinyatakan dalam kg/jam, dalam pengujian bahan bakar dapat dilakukan dengan alat sederhana, yaitu gelas ukur dan stop watch. Pemakaian bahan bakar = 100 cc dalam 20 s

$$= 100 \text{ cc} / 20 \text{ s} = 100/20 = 5 \text{ cc/s}$$

$$V/t \times \rho_{bb} = 5 \times 0,75 = 3,75 \text{ gram/s}$$

$$<= > m_{bb} = 3,75 \times 3600/1000 \text{ kg/jam} = 13,5 \text{ kg/jam}$$

Untuk pemakaian bahan bakar pada waktu dan putaran tertentu dapat dilihat pada gambar 1. :



Gambar 1. Grafik Hubungan Perbandingan Bahan Bakar dengan Putaran

Grafik ini menunjukkan hubungan antara putaran mesin (RPM) dengan konsumsi bahan bakar (ml/detik atau liter/jam) pada berbagai tingkat beban atau mode operasi sepeda motor. Secara umum, seiring dengan bertambahnya putaran mesin, laju konsumsi bahan bakar juga mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan karena:

- Pada putaran rendah (idle–2000 rpm), penggunaan bahan bakar relatif kecil karena beban kerja mesin rendah.
- Pada putaran menengah (2000–5000 rpm), terjadi peningkatan konsumsi bahan bakar seiring meningkatnya kebutuhan tenaga.
- Pada putaran tinggi (lebih dari 5000 rpm), konsumsi bahan bakar meningkat lebih tajam karena efisiensi volumetrik dan kerja pembakaran maksimum tercapai.

Pola hubungan ini sangat penting dalam perancangan sistem pengontrol konsumsi bahan bakar, karena memungkinkan kalibrasi atau pengaturan efisiensi secara lebih akurat berdasarkan tingkat putaran mesin.

Tabel .1. Data perhitungan 100cc bensin dengan stopwatch

NO	RPM	BAHAN BAKAR	WAKTU
----	-----	-------------	-------

1	1400	100cc	15 det
2	1800	100cc	19 det
3	2400	100cc	23 det
4	2800	100cc	28 det
5	3400	100cc	31 det
6	3800	100cc	39 det
7	4200	100cc	40 det
8	4500	100cc	42 det

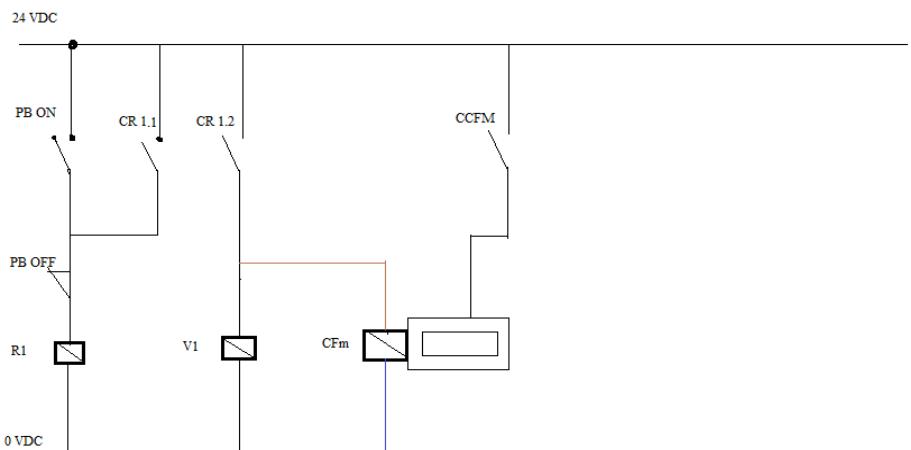
#### D. Pemakaian Bahan Bakar Spesifik ( $B_e$ )

Secara tidak langsung konsumsi bahan bakar spesifik merupakan indikasi efisiensi dalam menghasilkan daya dari pembakaran bahan bakar.

$$B_e = \frac{m_{bb}}{N_e} = \frac{13,5}{63,251} = 0,2 \text{ kg/kWh} = 200 \text{ gr/kWh}$$

#### E. Analisa Sistem Kontrol

Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa sistem kontrol untuk pengukuran aliran bahan bakar dengan flowmeter. Adapun gambar 2 wiring diagramnya seperti dibawah ini :



Gambar 2. Wiring Diagram kerja Sistem control

#### F. Prinsip Kerja

- Ketika PB ON ditekan, tegangan akan mengalir melalui sakelar PB ON (normally open) dan PB OFF (normally close) untuk mengaktifkan relay (R1)
- Untuk latching kontak CR1.1 tetap menjaga di posisi R1 ON
- CR 1.2 menghidupkan atau membuka valve (V1) dan mengaktifkan flowmeter.

- d) Ketika terjadi aliran bahan bakar pada flow meter (FM) maka CCFM memberikan signal input ke display flow meter, sehingga aliran bahan bakar yang megalir akan terbaca.

Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor flowmeter, mikrokontroler (seperti Arduino), serta perangkat tampilan (misalnya LCD atau modul komunikasi nirkabel seperti Bluetooth atau Wi-Fi). Flowmeter berfungsi sebagai sensor utama yang mengubah aliran fluida menjadi sinyal listrik berupa pulsa yang kemudian dibaca oleh mikrokontroler. Sinyal ini diproses dengan perhitungan digital berdasarkan jumlah pulsa per liter, sehingga sistem dapat mengestimasi volume bahan bakar yang telah digunakan atau masih tersedia. Mikrokontroler juga dapat diprogram untuk memberikan peringatan jika bahan bakar berada di bawah ambang batas tertentu. Dalam pengendaliannya, sistem ini menggunakan pengendalian tertutup (closed-loop) yang memungkinkan umpan balik dari sensor (flowmeter) dikirim secara terus-menerus ke pengendali (mikrokontroler). Hal ini memungkinkan penyesuaian secara real-time terhadap perubahan debit bahan bakar. Selain itu, sistem juga dapat diintegrasikan dengan aktuator atau modul kontrol kendaraan untuk mengatur aliran bahan bakar secara otomatis berdasarkan kondisi operasi mesin. Analisis sistem kontrol juga mencakup pengujian respons sistem terhadap perubahan aliran bahan bakar. Parameter seperti waktu respon, akurasi pengukuran, dan stabilitas sistem diuji untuk memastikan kinerja optimal. Adanya delay atau noise pada sinyal dari flowmeter dapat mempengaruhi keakuratan pembacaan, sehingga diperlukan teknik filtering atau penghalusan sinyal (digital signal filtering) pada perangkat lunak mikrokontroler. Dengan usulan perbaikan sistem kontrol, seperti penggunaan sensor dengan resolusi lebih tinggi, pemrosesan data lebih cepat, serta antarmuka pengguna yang lebih intuitif, diharapkan sistem ini mampu memberikan informasi yang lebih akurat, responsif, dan andal dalam membantu pengemudi memantau konsumsi bahan bakar secara efisien.

## IV. KESIMPULAN & SARAN

### A. KESIMPULAN

1. Pembuatan alat pengukur bahan bakar motor bensin berbasis sensor flowmeter dan mikrokontroler telah berhasil dilakukan dengan baik dan mampu memberikan informasi volume bahan bakar secara real-time. Sistem ini mampu mengukur aliran bahan bakar yang mengalir dari tangki menuju mesin dengan akurasi yang cukup tinggi.

2. Sistem pengontrol berbasis mikrokontroler (seperti Arduino Uno) memberikan kemudahan dalam pemrosesan sinyal dari flowmeter dan pengiriman data ke tampilan LCD. Hal ini memudahkan pengguna dalam memantau konsumsi bahan bakar tanpa harus membuka tangki secara manual.
3. Usulan perbaikan sistem pengontrol, seperti integrasi modul Bluetooth/Wi-Fi untuk pemantauan melalui smartphone, serta penggunaan sensor beresolusi tinggi, memberikan dampak positif terhadap peningkatan akurasi, efisiensi, dan kenyamanan pengguna.
4. Pengujian sistem menunjukkan bahwa perangkat mampu merespon perubahan aliran bahan bakar secara cepat dan menampilkan data yang stabil. Sistem ini juga potensial untuk dikembangkan sebagai sistem monitoring konsumsi bahan bakar yang lebih luas dan modern.

## B. SARAN

1. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan fitur penyimpanan data (data logger) sehingga konsumsi bahan bakar dapat dicatat dalam jangka waktu tertentu untuk keperluan analisis efisiensi kendaraan.
2. Penggunaan sensor yang lebih presisi serta kalibrasi ulang secara periodik perlu dilakukan untuk menjaga akurasi sistem, terutama jika digunakan dalam jangka panjang atau di kendaraan dengan getaran tinggi.
3. Integrasi sistem kontrol dengan ECU (Electronic Control Unit) kendaraan dapat menjadi langkah lanjutan untuk menciptakan sistem otomasi yang lebih canggih, seperti optimasi bahan bakar berbasis beban mesin.
4. Sistem ini diharapkan dapat dikembangkan dalam skala industri atau komersial, terutama untuk kendaraan operasional yang memerlukan pemantauan konsumsi bahan bakar secara akurat dan efisien

## DAFTAR PUSTAKA

1. Ardiansyah, A., & Susanto, R. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Volume BBM Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer (JTEK)*, 9(2), 45–50.
2. Arifin, M., & Hidayat, T. (2019). Analisis Konsumsi Bahan Bakar pada Sepeda Motor dengan Sistem Injeksi. *Jurnal Otomotif dan Mesin*, 8(1), 33–40.

3. Damanik, Y. R., & Hutabarat, R. (2018). Penggunaan Sensor Ultrasonik untuk Mengukur Volume Bahan Bakar dalam Tangki. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 6(4), 282–287.
4. Fauzi, A., & Ramadhan, R. (2021). Sistem Monitoring Kapasitas Tangki BBM Menggunakan Arduino dan Sensor HC-SR04. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika*, 7(1), 14–20.
5. Hadi, S., & Kurniawan, D. (2022). Pemantauan Volume Tangki BBM Menggunakan IoT dan Sensor Ultrasonik. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa Sistem*, 10(2), 55–62.
6. Haryanto, A., & Putra, B. (2021). Rancang Bangun Sistem Indikator Bahan Bakar Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 13(1), 11–18.
7. Hidayat, M., & Salim, A. (2020). Sistem Indikasi Otomatis Kapasitas Bahan Bakar Menggunakan Sensor Ultrasonik dan LCD. *Jurnal Elektro dan Telekomunikasi Terapan*, 8(2), 67–72.
8. Kurniawan, R., & Sari, D. (2017). Pemanfaatan Mikrokontroler dalam Pengukuran Volume Bahan Bakar. *Jurnal Aplikasi Teknik Elektro*, 5(3), 88–93.
9. Kurnianto, E. R., Retnowati, I., & Zainuri, A. (2011). Indikator Bahan Bakar Minyak Digital pada Sepeda Motor Menggunakan Sensor Tekanan Fluida Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Brawijaya*, 9(2), 123–130.
10. Maulana, H., & Irawan, A. (2020). Sistem Pengukuran Digital Kapasitas Tangki BBM Menggunakan Arduino. *Jurnal Teknologi Informasi dan Elektronika*, 5(1), 22–29.
11. Nasution, F., & Rambe, H. (2019). Implementasi Sensor Ultrasonik untuk Mengukur Volume BBM Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Elektro Indoraya*, 7(2), 51–58.
12. Nugraha, B., & Yuliana, R. (2021). Perancangan Alat Ukur Volume BBM Sepeda Motor Menggunakan Sensor HC-SR04. *Jurnal Teknik Mesin dan Elektro*, 4(3), 39–46.
13. Prasetyo, M. D., Rachmansyah, A. R., & Dananjoyo, B. A. (2022). Detektor Kesalahan Pengisian Volume BBM Menggunakan Sensor Ultrasonik dan SMS Gateway. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 10(3), 101–108.
14. Putra, R., & Gunawan, A. (2018). Pengukuran Volume BBM Otomatis dengan Mikrokontroler dan Sensor Ultrasonik. *Jurnal Teknologi Mesin*, 6(2), 73–79.
15. Rachmat, R., & Fadhilah, N. (2021). Perancangan Sistem Monitoring Volume BBM Berbasis Arduino. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro dan Komputer*, 9(2), 93–99.

16. R amdani, M., & Hakim, A. (2019). Pengembangan Sistem Monitoring Tangki BBM Sepeda Motor Menggunakan Mikrokontroler. *Jurnal Mekanika dan Elektronika*, 11(1), 44–50.
17. Saputra, I., & Wibowo, R. (2022). Pengukuran Otomatis Volume BBM dengan Arduino dan Sensor Ultrasonik. *Jurnal Sistem dan Teknologi*, 12(1), 27–34.
18. Setiawan, T., & Priyanto, D. (2020). Rancang Bangun Indikator Volume BBM Menggunakan Sensor Jarak Ultrasonik dan LCD 16x2. *Jurnal Elektro dan Otomasi*, 3(1), 15–22.
19. Suhadi, Ramdani, & Rahmad, T. Y. (2019). Rancang Bangun Alat Ukur Pengisi Bahan Bakar Minyak (BBM) Berbasis Arduino Uno Menggunakan Liquid Crystal Display (LCD). *Jurnal Gerban*, 9(1), 61–68.
20. Syahputra, A., & Anwar, S. (2021). Monitoring Otomatis Level BBM pada Tangki Sepeda Motor Berbasis Mikrokontroler. *Jurnal Rekayasa dan Sistem Industri*, 8(2), 37–43.