



Rancang Bangun Perangkat Perekam Data Konsumsi Bahan Bakar Dan Rasio Udara-Bahan Bakar Digital Untuk Analisa Unjuk Kerja Mesin Bensin Pembakaran Dalam

Muhammad Hidayat Tullah^{1*}, Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra²,
Fachruddin³, Machfud Priyo Utomo³, Farhan Maulana Rahman³

¹Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Program Studi Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³Program Studi Pembangkit Tenaga Listrik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

Abstrak

Kebutuhan akan data aktual terkait unjuk kerja mesin menjadi sangat penting dalam dunia penelitian. Data-data yang presisi mutlak diperlukan sebagai dasar dalam melakukan suatu pengembangan teknologi sebagai pembandingan antara kondisi sebelum dan sesudah dilakukannya pengembangan. Penelitian ini adalah rancang bangun perangkat perekam data konsumsi bahan bakar dengan target ketelitian mencapai 10ml/menit dan Rasio Udara-Bahan Bakar (AFR) Digital untuk analisa unjuk kerja mesin pembakaran dalam. Konsumsi bahan bakar dihitung dengan pengukuran volume bahan bakar secara real-time sepanjang mesin digunakan dengan memanfaatkan sensor load cell sebagai pemberi informasi ke digital data logger dengan hasil tingkat ketelitian mencapai 3,4ml/menit. AFR diukur dengan menggunakan sensor oksigen yang diletakkan pada saluran gas buang mesin dengan hasil range pembacaan 10 s.d 20 AFR.

Kata-kata kunci: Rekam Data, Bahan Bakar, Rasio udara-bahan bakar, mesin pembakaran dalam

Abstract

The need for actual data related to machine performance is very important in the world of research. Absolute precise data is needed as a basis for carrying out a technology development as a comparison between conditions before and after development. This research is the design of a fuel consumption data recording device with an accuracy target of 10ml / minute and a Digital Air-Fuel Ratio (AFR) for analyzing internal combustion engine performance. Fuel consumption is calculated by measuring the volume of fuel in real-time as long as the engine is used by using a load cell sensor to provide information to the digital data logger with an accuracy of 3.4 ml / minute. AFR is measured using an oxygen sensor placed on the engine exhaust with a reading range of 10 to 20 AFR.

Keywords: Data Record, Fuel, Air-fuel ratio, internal combustion engine

* Corresponding author E-mail address: muhammad.hidayattullah@mesin.pnj.ac.id

1. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan data aktual terkait unjuk kerja mesin menjadi sangat penting dalam dunia penelitian dan pendidikan. Untuk dunia pendidikan hal ini sejalan dengan kebutuhan untuk pemahaman dan pembuktian bahwa parameter-parameter yang saling terkait dan tersaji dalam suatu pendapat mampu ditelusuri dan dibuktikan secara langsung oleh peserta didik. Untuk kegiatan penelitian, data-data yang presisi mutlak diperlukan sebagai dasar dalam melakukan suatu pengembangan suatu teknologi, sebagai pembandingan antara kondisi dan sesudah dilakukannya pengembangan.

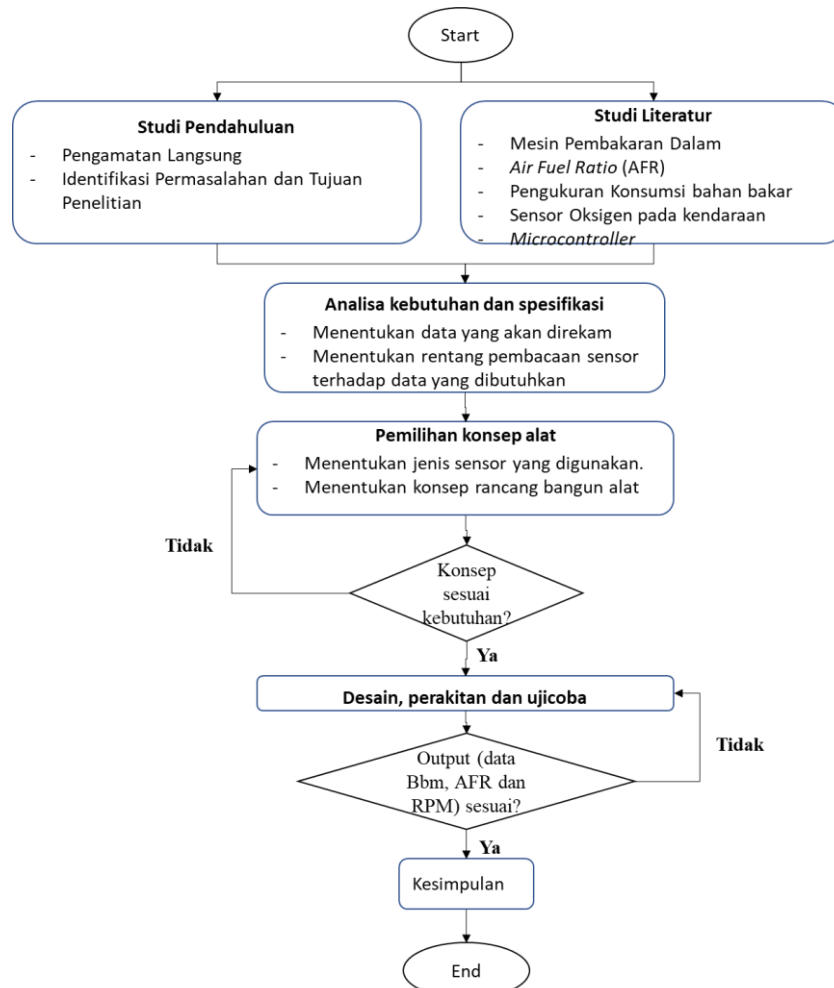
Data Logger (perekam data) adalah sebuah alat elektronik yang digunakan untuk mencatat data dari waktu ke waktu yang terintegrasi dengan sensor serta instrumen [1]–[8]. Parameter dasar yang dibutuhkan dalam analisa unjuk kerja mesin pembakaran dalam (*Internal Combustion Chamber/ICE*) diantaranya adalah konsumsi bahan bakar, kecepatan putaran mesin (rpm) dan rasio campuran bahan bakar (*Air Fuel Ratio/ AFR*). AFR adalah rasio perbandingan antara bahan bakar dan udara yang masuk dan dibakar di ruang bakar, secara teoritis nilai AFR pada mesin ICE adalah 14,7:1, yaitu 14,7 kg udara dengan 1kg bahan bakar. Nilai ini dapat diketahui dengan pembacaan menggunakan sensor *lambda* pada saluran gas buang kendaraan. Perhitungan konsumsi bahan bakar dapat diketahui dengan mengukur volume bahan bakar yang digunakan berbanding dengan waktu kerja mesin dengan rpm tertentu, atau untuk mesin dalam kendaraan adalah perbandingan konsumsi bahan bakar dengan jarak tempuh yang dicapai.

Berdasarkan hasil pengamatan penelitian terdahulu, pada mesin ICE dengan kubikasi kecil (<200cc) penggunaan bahan bakar dalam kondisi normal rata-rata adalah 8 ml/menit, sehingga akurasi alat pengukuran diharapkan minimal mencapai 8 ml/menit agar mampu digunakan dalam pengukuran konsumsi bahan bakar dalam waktu uji kurang dari 10 menit. Untuk dapat mencapai hal tersebut saat ini pengukuran masih dilakukan secara manual (menggunakan gelas ukur) dikarenakan kepresisian alat ukur aliran bahan bakar digital yang ada tersedia dipasaran hanya mampu mengukur dengan ketelitian 300 ml/menit dengan metode *flow meter* atau mengukur aliran bahan bakar menggunakan sensor. Walaupun memiliki kepresisian tinggi, pengukuran secara manual memiliki keterbatasan efisiensi waktu, keamanan penggunaan dan keterbatasan terhadap volume yang diukur karena terkait dengan besar kecilnya gelas ukur, juga berdampak pada keterbatasan jarak tempuh saat uji kondisi nyata (uji jalan) mesin kendaraan. Permasalahan yang timbul dari latar belakang di atas yaitu bagaimana cara merekam data konsumsi bahan bakar dengan ketelitian mencapai 10 ml/menit secara otomatis sepanjang waktu uji untuk analisa unjuk kerja mesin pembakaran dalam, mengidentifikasi cara merekam data Air Fuel Ratio (AFR) secara otomatis, dan perangkat seperti apa yang sesuai untuk merekam data konsumsi bahan bakar dan AFR secara otomatis sepanjang waktu uji?

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu mengidentifikasi cara yang tepat dan efisien untuk merekam data konsumsi bahan bakar secara otomatis sepanjang waktu uji untuk analisa unjuk kerja mesin pembakaran dalam dengan target ketelitian mencapai 10ml/menit, mengidentifikasi cara merekam data rasio udara-bahan bakar (AFR) secara otomatis untuk menghasilkan rancang bangun perangkat perekam data konsumsi bahan bakar dan Rasio Udara-Bahan Bakar (AFR) Digital untuk analisa unjuk kerja mesin pembakaran dalam (ICE).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimental dengan kombinasi analisis teoritis dalam menjawab tujuan, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir pemecahan masalah pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data logger yang dirancang memiliki beberapa parameter yang akan direkam yaitu berupa putaran mesin (rpm), *Air Fuel Ratio* (AFR), dan konsumsi bahan bakar (BBM). Pengambilan data secara digital menggunakan sensor putaran untuk rpm, sensor oksigen untuk AFR dan *load cell* untuk pengukuran massa bahan bakar sepanjang waktu pengukuran. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{rpm} = \text{rev}/\text{min}$$

keterangan:

rpm = putaran mesin (revolusi per menit)

rev/min = rata-rata putaran mesin dalam satu menit

$$\text{AFR} = V_s \times 2 + 10$$

keterangan:

AFR = *Air Fuel Ratio* (Rasio Udara-Bahan Bakar) ,

V_s = Voltase terbaca di sensor

$$\text{Bbm} = (m_0 - m_n) / \rho$$

keterangan:

Bbm = Jumlah konsumsi bahan bakar (ml)

m_0 = Massa bahan bakar didalam wadah penampung sebelum ujicoba (gr)

m_n = Massa bahan bakar didalam wadah penampung saat detik ke-n ujicoba (gr)

ρ = massa jenis bahan bakar

Dengan membagi massa dengan massa jenis maka didapatkan persamaan massa (gr) = volume (ml). dalam hal ini massa jenis bensin = massa jenis air = 1.

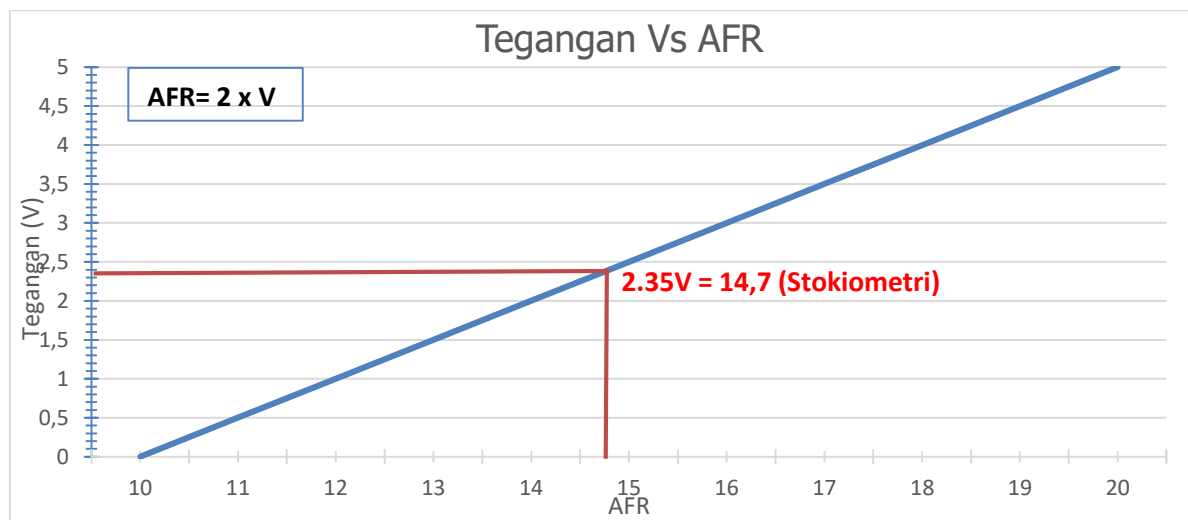
Spesifikasi dan Rancang Bangun *Data Logger*

1. Putaran Mesin

Pembacaan putaran mesin per menit (rpm) dengan mengukur jumlah sinyal pembakaran yang dihasilkan oleh sensor putaran mesin dalam satu menit. *Input* sinyal didapatkan dari jalur sensor putaran *crank shaft* yang menuju *engine control unit (ECU)* kemudian dilakukan percabangan jalur menuju *microcontroller* untuk dilakukan perekaman data.

Air Fuel Ratio

Pembacaan AFR memanfaatkan sensor oksigen (O_2 sensor) yang diletakkan pada saluran gas buang kendaraan (knalpot/ *exhaust*). Prinsip dasar dari O_2 sensor adalah konversi dari pembacaan kadar oksigen hasil gas buang menjadi tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan kemudian dilakukan perekaman data oleh *microcontroller*. Dengan rumus yang telah ditentukan maka tegangan O_2 sensor dapat langsung dikonversi kedalam nilai AFR, dengan rentang pembacaan adalah apabila voltase yang dihasilkan O_2 sensor = 0, maka nilai AFR=10.



Gambar 2. Grafik Tegangan Vs AFR

Urcentainty analysis untuk nilai AFR Mengacu pada *data sheet* lambda sensor LSU 4.9, tingkat ketelitian pembacaan sensor yaitu:

Akurasi pada lambda 0,8 = $0,8 \pm 0,01$ = AFR $11,76 \pm 0,147$

Akurasi pada lambda 1 = $1,016 \pm 0,007$ = AFR $14,93 \pm 0,103$

Akurasi pada lambda 1,7 = $1,70 \pm 0,05$ = AFR $24,99 \pm 0,735$

Dengan pertimbangan bahwa nilai AFR untuk mesin bensin mampu beroperasi berada pada rentang AFR8 ~ 17 maka disimpulkan tingkat akurasi pembacaan AFR pada alat ini berada pada rentang nilai pembacaan $AFR \pm 0,15$

Konsumsi Bahan Bakar

Pembacaan konsumsi bahan bakar memanfaatkan sensor *load cell* dengan kapasitas maksimum 10 kg, hal ini dengan pertimbangan maksimal volume bahan bakar yang digunakan untuk uji coba laboratorium tidak lebih dari 10 liter, dengan pertimbangan lain adalah apabila menggunakan *load cell* di atas 10kg makan akan mengurangi sensitivitas pembacaan sensor tersebut. Penggunaan *load cell* 10kg memiliki sensitivitas tingkat ketelitian pembacaan sensor mencapai 1ml. Tempat penampungan bahan bakar eksternal dibuat sebagai wadah bahan bakar yang akan digunakan saat uji coba (*running test*).

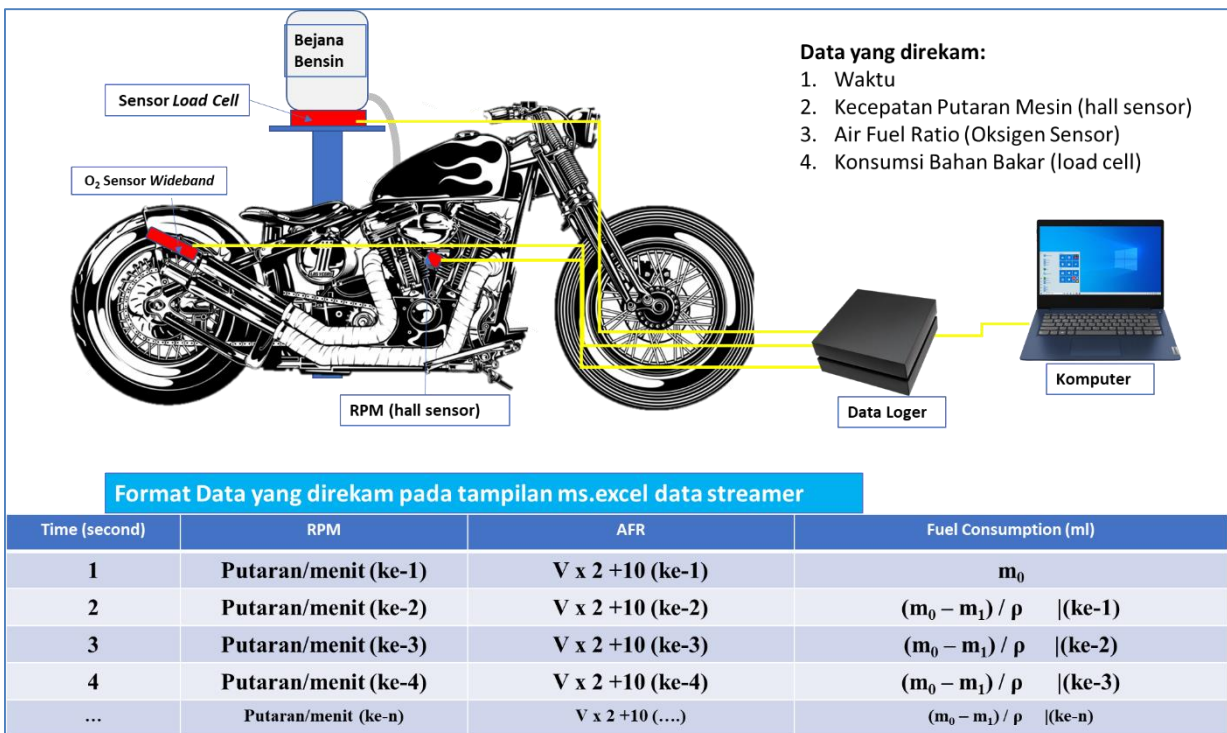
Sensor diletakkan di bagian bawah tempat penampungan tersebut. Prinsip dasar dari *load cell* adalah konversi dari pembacaan beban yang diterima oleh penampang menjadi tegangan listrik. Tegangan listrik yang dihasilkan kemudian dilakukan perekaman data oleh *microcontroller*. Dengan rumus yang telah ditentukan maka tegangan yang dihasilkan *load cell* dapat langsung dikonversi ke dalam nilai konsumsi bahan bakar.

Urcentainty analysis untuk nilai pembacaan konsumsi bahan bakar Mengacu pada perbandingan hasil ukur massa yang terbaca oleh modul dengan yang terbaca pada alat ukur beban. Berdasarkan maksimal penyimpangan pengukuran terhadap ujicoba maka disimpulkan rentang ketelitian hasil baca $\pm 2ml$.

Pembacaan Data

Dalam penggunaannya, rangkaian sensor diletakkan sesuai dengan kebutuhan pembacaan yaitu *O₂ sensor* diletakkan pada saluran pembuangan. Agar pembacaan dapat semakin akurat, *O₂ sensor* disematkan di leher knalpot pada posisi terdekat dengan *cylinder head* dengan mengacu pada panduan *O₂ sensor manual book*. Sensor *load cell* diletakkan pada bagian bawah penampung bensin, dan untuk kabel *input* putaran mesin dengan mengambil jalur dari *hall sensor* yang dimiliki oleh kendaraan.

Informasi yang didapatkan oleh sensor selanjutnya direkam oleh data box (perangkat *microcontroller* dengan disertai media penyimpanan/*sdcard*). Informasi tersebut dapat disimpan terlebih dahulu ke dalam *sdcard*, atau langsung ditampilkan pada komputer yang terhubung dengan data box untuk analisa secara *real-time*. Gambar 3 di bawah ini merupakan ilustrasi rangkaian pemasangan sensor pada sepeda motor.



gambar 3 Ilustrasi penggunaan *data logger*

Hasil Uji

Ujicoba dilakukan sebanyak lima kali dengan menggunakan sepeda motor dengan spesifikasi:

| | |
|--------------------|--|
| Tipe mesin | : Mesin bensin 4-tak, berpendingin udara |
| Volume ruang bakar | : 125cc |
| Lama pengujian | : 10 menit |

Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Hasil uji

| Rata Rata nilai pembacaan selama 10 menit | Ujicoba Ke- | | | | |
|---|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Suhu Lingkungan (°C) | 33,5 | 31,2 | 33,5 | 35 | 33,5 |
| Suhu Intake (°C) | 36,2 | 32,5 | 32,5 | 36,5 | 33,1 |
| Humidity | 55 | 64 | 59 | 55 | 60 |
| rpm mesin | 900 | 900 | 900 | 900 | 900 |
| AFR | 13,5 | 13,5 | 13,5 | 13,5 | 13,5 |
| Bensin sebelum uji (ml) | 190 | 216 | 200 | 104 | 180 |
| Bensin setelah Uji (ml) | 156 | 182 | 168 | 70 | 146 |
| Total Konsumsi (ml) | 34 | 34 | 32 | 34 | 34 |

Baris berwarna putih (suhu lingkungan, suhu *intake* dan *humidity*) merupakan kondisi lingkungan yang diukur menggunakan alat ukur di luar perangkat perekam data yang sedang diujicoba. Hasil pengolahan data berdasarkan nilai yang terbaca oleh perangkat uji terlihat pada baris berwarna biru. Pengujian dilakukan dengan cara menghidupkan mesin motor dalam kondisi idle selama 10 menit, dan dilakukan sebanyak lima kali pengujian (5 sesi). Berdasarkan nilai rata-rata pembacaan didapatkan bahwa terdapat konsistensi nilai pembacaan rpm dan AFR yaitu pada 900rpm didapatkan nilai AFR 13,5. Nilai konsumsi bahan bakar mesin yang diujicoba selama 10 menit berada pada rentang 32~34ml, atau sama dengan 3,2~3,4ml/menit.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancang bangun perangkat perekam data konsumsi bahan bakar dan rasio udara-bahan bakar digital, didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Metode perekaman data konsumsi bahan bakar dengan ketelitian 10ml/menit dilakukan dengan menggunakan sensor *load cell* untuk pengukuran massa bahan bakar yang dikonversi ke dalam volume dengan tingkat ketelitian ± 2 ml.
2. Perekaman AFR secara otomatis dilakukan dengan memanfaatkan *O₂ sensor wideband* yang disematkan pada jalur gas buang mesin, kemudian informasi yang didapat oleh sensor direkam oleh data box (*data logger*). Berdasarkan hasil ujicoba terhadap mesin sepeda motor bensin 125cc 4-tak dalam kondisi idle (putaran mesin 900rpm) didapatkan nilai AFR yaitu 13,5.
3. Perangkat perekam data bahan bakar dan AFR yang sesuai minimal terdiri dari sensor pembacaan putaran mesin (rpm), Sensor *O₂* untuk membaca data AFR, sensor *load cell* untuk merekam data bahan bakar serta data box yaitu perangkat *microcontroller* sebagai media penyimpanan data dari sensor dan konversi informasi dari sensor untuk ditampilkan pada komputer untuk analisa secara *real-time*.

REFERENSI

- [1] Bosch, "Lambda Sensor LSU 4.9," 2020. [Online]. Available: www.bosch-motorsport.de.
- [2] Motec, "Bosch LSU 4.9 Sensor Data Sheet #57006 rev 2.1," Victoria.
- [3] Sensore, "Data sheet Oxygen sensor." [Online]. Available: www.sensore-electronic.com.
- [4] Bosch, "Lambda Sensor LSU 4.9 Measurement of oxygen content." [Online]. Available: www.bosch-sensoren.de.
- [5] Aditya, "Rancang Bangun Fuel Meter Untuk Mengukur Konsumsi Bahan Bakar Pada Mesin Diesel Isuzu C190," Surabaya, 2014.
- [6] alatuji.com, "Mengenal Data Logger Dan Pengaplikasiannya," *alatuji.com*, 2020. <http://www.alatuji.com/m/article/detail/836/mengenal-data-logger-dan-pengaplikasiannya> (accessed May 10, 2020).
- [7] Mirzazoni, Zaini, and R. Raharjo, "Perancangan Sistem Pengukuran Konsumsi Bahan Bakar Kendaraan Bermotor Berbasis Arduino," in *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI) 2016*, 2016, pp. 31–35.
- [8] x-engineer.org, "Air-fuel ratio, lambda and engine performance," *x-engineer.org*, 2020. <https://x-engineer.org/automotive-engineering/internal-combustion-engines/performance/air-fuel-ratio-lambda-engine-performance/> (accessed May 12, 2020).
- [9] P. X. Pham, D. Q. Vo, and R. N. Jazar, "Development of fuel metering techniques for spark ignition engines," *Fuel*, vol. 206, pp. 701–715, 2017, doi: 10.1016/j.fuel.2017.06.043.
- [10] Y. T. Zhang, C. G. Claudel, M. bin Hu, Y. H. Yu, and C. L. Shi, "Develop of a fuel consumption model for hybrid vehicles," *Energy Conversion and Management*, vol. 207, Mar. 2020, doi: 10.1016/j.enconman.2020.112546.