

# Sistem Data Logger Sensor Suhu dan Energi Listrik pada Rancangan Media Peraga Fisika Energi – Kalorimeter

Isa Albanna<sup>1</sup>, Vera veronica<sup>2</sup>, Miftahur Rahmah<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Sistem Komputer, FTETI, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

e-mail: [isaalbanna@itats.ac.id](mailto:isaalbanna@itats.ac.id) , [veronicaverahd@gmail.com](mailto:veronicaverahd@gmail.com),  
[rahmahmiftahur0@gmail.com](mailto:rahmahmiftahur0@gmail.com)

## ABSTRACT

*The Measurement of physical parameters in physics experiments requires accuracy and precision. A data logger system is needed for the simultaneous recording of data from multiple sensors that have been installed. The research objective is to see the correlation of physical parameters of the conversion of electrical energy into heat by utilizing the DS18B20 sensor and the Energy Sensor. Energy sensor engineering in this study, INA219 sensor integration is used as current-voltage monitoring and the role of RTC DS3231 as a time parameter counter. The heat source is emitted through the nickel wire heating element to the test material and will be measured using a temperature sensor. The process of monitoring voltage, current and time parameters is carried out to determine the consumption of electrical energy when the calorimeter is operating. Test material in the form of distilled water with heat capacity is 4200J / kg ° C. The results of the DS18B20 temperature sensor characterization showed a difference of around 0.13 ° C with a standard thermometer measurement. Suitability of current sensor data acquisition by standard measurement of amperemeter, the difference value is around 16.7 mA. The measurement of the voltage parameters of the INA219 sensor has a difference of about 0.23volt from a standard multi-meter gauge. The results of all temperature parameters and energy sensors are recorded in the Serial-Python interface system. The value of energy loss from the construction of two calorimeter containers obtained data that the container with a flannel cloth insulator can hold energy not released into the environment.*

**Keywords:** Calorimeter, Energy, Data Logger, Physical Measurement, INA219.

## ABSTRAK

Pengukuran parameter fisis dalam percobaan fisika membutuhkan akurasi dan tingkat kepresisian. Sistem *data logger* dibutuhkan untuk proses perekaman data secara bersamaan dari multi-sensor yang telah terpasang. Tujuan penelitian adalah melihat korelasi parameter fisis konversi energi listrik menjadi panas dengan memanfaatkan sensor DS18B20 dan Sensor Energi. Rekayasa Sensor energi pada penelitian, digunakan integrasi sensor INA219 sebagai monitoring arus-tegangan dan peran RTC DS3231 sebagai penghitung parameter waktu. Sumber panas diemisikan melalui elemen pemanas kawat nikelin menuju bahan uji dan akan terukur secara *real time* oleh sensor suhu. Proses pemantauan parameter tegangan, arus dan waktu dilakukan untuk mengetahui konsumsi energi listrik saat kalorimeter beroperasi. Bahan uji berupa air suling dengan kapasitas panas adalah 4200J/kg°C. Hasil karakterisasi sensor suhu DS18B20 didapatkan selisih sekitar 0.13°C dengan pengukuran standar termometer. Kesesuaian akuisisi data sensor arus dengan pengukuran standar amperemeter, didapatkan nilai selisih sekitar 16.7 mA. Pengukuran parameter tegangan dari sensor INA219 memiliki selisih sekitar 0.23volt dari alat ukur avometer standar. Hasil seluruh parameter suhu dan sensor energi terekam dalam sistem interface Serial-Python. Nilai energi yang hilang dari konstruksi dua wadah kalorimeter, didapatkan data bahwa wadah dengan insulator kain flannel, mampu menahan energi tidak terlepas ke lingkungan.

**Kata kunci:** Kalorimeter, Energi, Data Logger, Pengukuran Fisis, INA219.

## PENDAHULUAN

Teknologi sensor memiliki peran esensial dalam pengembangan sistem elektronika, khususnya pada aplikasi berbasis pemantauan parameter fisis (*monitoring*) [1], kendali [2] dan Internet of Things [3], [4]. Bidang rekayasa sensor dalam lingkup implementasi, memungkinkan

adanya integrasi sensor satu dengan yang lainnya untuk membentuk fungsi baru. Bentuk implementasi rekayasa sensor pada bidang alat peraga laboratorium diantaranya adalah sistem simulasi pegas [5], sistem pengukuran konduksi panas [6] dan sistem pengukuran fisika dasar [7]. Pada penelitian terkait simulasi pegas, digunakan sensor jarak dan getaran untuk mengambil data pergerakan pegas. Sensor mampu mengubah parameter fisis menjadi variable digital dengan dibantu oleh sistem ADC (*analog digital converter*). Pada penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu, prose *Data acquisition system* (DAQ) digunakan unit mikrokontroler Arduino [8]. Penggunaan Arduino dalam sistem DAQ memiliki peran penting, karena unit tersebut bertindak sebagai ekstraksi-embedded dan manajemen pertukaran data digital. Implementasi *data logger* atau pencatatan digital pada sistem peraga laboratorium fisika mampu menunjang akurasi, kepresisian dan kemudahan dalam pengambilan data [9].

Pada penelitian ini, dilakukan rancang bangun dan rekayasa sensor untuk membentuk sistem pencatatan data pada studi kasus percobaan fisika dasar-kalorimeter. Perancangan kalorimeter sebelumnya telah dilakukan oleh Mark A. Muyskens [10]. Pada penelitian tersebut menggunakan sensor LM35 sebagai unit pencatat data. Rancangan kalorimeter oleh Mark, hanya digunakan satu jenis sensor untuk pencatatan suhu. Kebaharuan dari inovasi rancang bangun kalorimeter terletak pada implementasi multi sensor, rekayasa sensor energi dan pencatatan dokumen dalam file digital. Point kebaharuan tersebut bertujuan untuk memudahkan kepada pengguna, khususnya praktisi pendidikan yang akan melakukan kegiatan praktikum atau simulasi fisika dasar – rekayasa dan konversi energi. Harapan kedepan penelitian ini memberikan relevansi pada bidang metrologi dan pengembangan sarana laboratorium modern di Indonesia.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Peraga Kalorimeter**

Kalorimeter merupakan alat peraga fisika yang mencakup pada bidang bahasan sistem konversi energi [10], [11]. Dalam peraga kalorimeter, sistem pada umumnya terdiri dari wadah terisolasi, pemanas, termometer dan bahan uji. Peran sistem isolasi energi adalah menjaga agar tidak terdapat panas yang keluar dari sistem kalorimeter menuju lingkungan. Panas dihasilkan dari elemen kawat nikelin yang diberikan arus listrik. Ketika beroperasi, energi listrik yang dikonsumsi sistem akan dikonversi menjadi energi panas. Energi tersebut panas diserap oleh wadah dan bahan uji untuk menaikkan suhu. Suhu tersebut akan dibaca oleh alat ukur termometer. Dalam siklus kegiatan praktikum, pengguna harus mencatat secara manual dari perubahan suhu, tegangan, arus dan waktu untuk melihat korelasi konversi energi [11], [12].

### **Rekayasa Sensor dan Digitalisasi**

Digitalisasi menjadi sebuah proses yang tidak terlupakan dalam bidang pengukuran fisis dan rekayasa teknologi. Peran dan kelengkapan fitur mikrokontroler dan mini-PC raspberry Pi, memungkinkan teknologi sistem embedded semakin berkembang [8], [13], [14]. Pada sistem pencatatan data digital membutuhkan akurasi yang cukup besar dan peran sampling rate data yang cukup tinggi. Arduino salah satu framework-embedded system yang mampu diintegrasikan dengan perangkat lain untuk proses pencatatan data. Daya dukung jembatan komunikasi Serial TTL (pyserial) pada antar muka pada pemrograman python menjadikan digitalisasi pengukuran semakin mudah [15].

## **METODE**

Kerangka kerja penelitian yang telah dilakukan, dibagi menjadi dua kegiatan yaitu prosedur umum penelitian dan teknis rancang bangun sistem. Prosedur umum penelitian diawali dengan kajian sumber referensi, analisa kebutuhan sistem, pengerjaan sistem, pengujian dan

diselesaikan dengan analisa data untuk penarikan sebuah simpulan. Tahap teknis rancang bangun sistem dilakukan pada tiga tahap, yaitu racang bangun mekanik wadah kalorimeter, rancang bangun instrumentasi elektronik dan perancangan antar muka berbasis python. Pada perancangan wadah mekanik digunakan dua jenis rancangan, yaitu bahan plastik (Polyethylene) non-isolasi dan plastik terisolasi kain. Tujuan pemberian isolasi adalah melihat pengaruh energi hilang terhadap isolasi bahan. Pada perancangan instrumentasi elektronika, digunakan dua sensor suhu, yaitu sensor DS18B20 untuk melihat suhu bahan uji dan sensor MCP9808 untuk melihat suhu lingkungan.

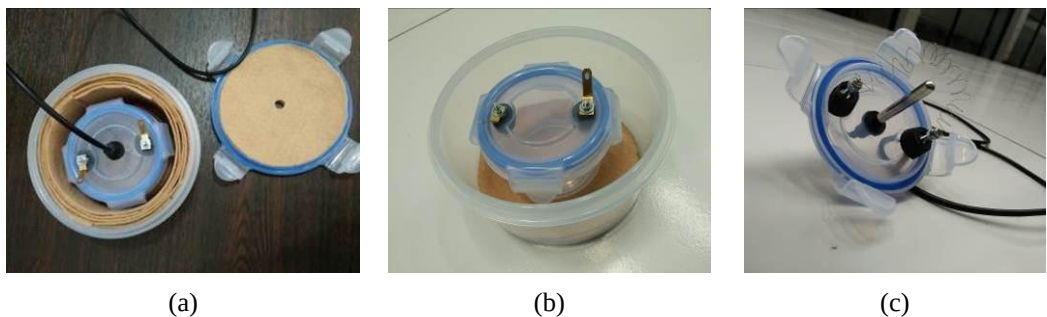
Pada rancang bangun instrumentasi sensor energi listrik, digunakan sensor INA219 sebagai pembaca arus-tegangan yang mengalir pada kawat nikelin pemanas kalorimeter dan sistem RTC (*Real Time Clock*) DS3231. Kedua perangkat berfungsi untuk memantau parameter arus (amper), tegangan (volt) dan lama waktu pengaliran listrik (sekon). Ketiga parameter tersebut nantinya digunakan untuk perhitungan mengikuti persamaan (1). Pada persamaan tersebut perkalian antara tegangan, arus dan waktu akan memiliki dimensi energi (joule). Sistem perhitungan energi hanya terisolasi dalam ranah jala-DC. Tegangan ( $V$ )

$$E_{listrik} = V \cdot I \cdot T (\text{joule}) \quad \dots (1)$$

**Keterangan symbol :**

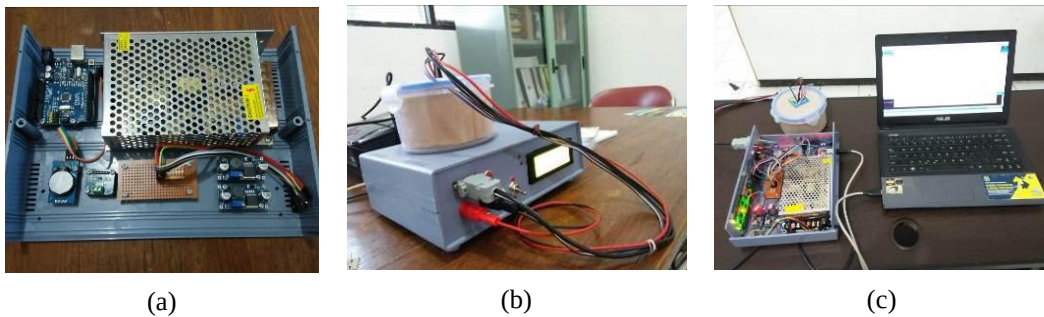
$V$  adalah tegangan (volt);  $I$  adalah Arus (amper);  $T$  adalah lama pengaliran listrik (detik);  $E_{listrik}$  adalah Energi listrik (Joule)

Hasil perancangan sistem wadah kalorimeter ditunjukkan seperti pada Gambar 1, yaitu instalasi perangkat keras alat peraga kalorimeter. Pada Gambar 1a adalah tampilan wadah dengan isolasi kain flannel, sedangkan untuk Gambar 1b adalah wadah tanpa isolasi. Terdapat dua probe yang ditempatkan pada bagian atas untuk peletakan elemen pemanas berupa kawat nikelin.



Gambar 1. a) wadah kalorimeter dengan bahan isolasi b) tipe wadah tanpa isolasi kain, c) peletakan kawat pemanas dan sensor DS18B20.

Instrumentasi elektronika untuk menunjang sistem kalorimeter terdiri dari sumber tegangan DC 24 volt yang berfungsi sebagai sumber tegangan pemanas sistem. Pengaturan tegangan pada pemanas nikelin digunakan rangkaian LM2596 *DC-DC Buck Converter*. Piranti kendali Arduino adalah tipe papan-UNO. Pada kalorimeter dilengkapi sistem layar tampilan menggunakan LCD-Alfanumerik untuk memunculkan teks parameter energi, suhu awal dan akhir proses dan lama pemanasan bahan uji. Bentuk instalasi perangkat keras ditunjukkan seperti pada Gambar 2a-b, yaitu instrumentasi elektronika kalorimeter digital. Pada sistem antar muka digunakan perangkat pemrograman python dan pustaka pyserial. Peran pyserial adalah mengatur data yang masuk melalui jalur komunikasi Serial-COM. Data akan terekam dalam dua tampilan, yaitu tampilan IDE-Python dan data MS.Excel. Pemilihan koneksi data pada excel bertujuan agar memudahkan pengguna ketika melakukan olah data pasca-percobaan atau eksperimen laboratorium.

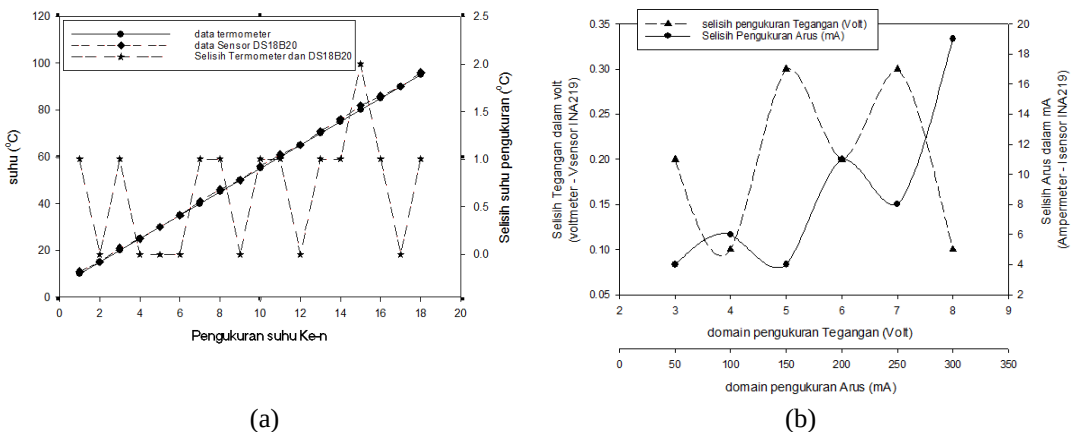


Gambar 2. a) instrumentasi penunjang sistem kalorimeter, b) pengkabelan wadah dan instrumentasi elektronika, c) proses antarmuka dengan IDE-Python 2.7.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakterisasi Sensor Suhu DS18B20 dan INA219

Pengujian komparasi pengukuran data suhu antara alat ukur standar termometer raksa dan sensor DS18B20 ditunjukkan seperti pada Gambar 3.a, dalam gambar tersebut terlihat bahwa kedua kurva pengukuran berimpit dengan selisih rata-rata  $0.13^{\circ}\text{C}$ . Pengukuran suhu dilakukan dari mulai  $10 - 95^{\circ}\text{C}$ . Karakterisasi sensor DS18B20 yang telah dilakukan, menunjukkan tingkat akurasi pembacaan yang cukup besar. Pada proses karakterisasi sensor INA219, dilakukan dengan membandingkan data tegangan-arus dari alat ukur standart dan hasil pembacaan sensor. Bentuk plot data dari pengukuran tegangan-arus ditunjukkan seperti pada Gambar 3.b, terdapat dua axis-Y yang merepresentasikan selisih alat ukur dengan avometer. Domain pengukuran adalah titik yang diambil dari alat ukur standart. Pada voltmeter digunakan rentang 3 – 8 volt (3, 4,5,6,7,8 volt) dan amperemeter memiliki rentang pengukuran domain 50 – 300 mA (interval 50mA). Terlihat dari kedua data baik tegangan dan arus memiliki rentang selisih sekitar 0.23volt dan 16.7 mA.



Gambar 3. a) karakteristik akurasi sensor DS18B20, b) karakteristik pengukuran arus dan tegangan dari sensor INA219.

## Karakterisasi Wadah Kalorimeter

Pemilihan bahan isolasi pada kalorimeter sangat penting untuk menjaga agar energi tidak hilang dari sistem menuju lingkungan bebas. Pada penelitian dilakukan pencatatan secara kontinyu dari parameter tegangan, arus, waktu pemanasan. Perhitungan energi listrik digunakan persamaan (1), kemudian dilanjutkan dengan memasukkan pada persamaan konversi energi listrik menuju panas. Pada persamaan (2) terdapat penambahan energi terlepas (*loss*). Energi hilang mengalir dari bahan uji menuju wadah dan udara lingkungan. Secara ideal panas seharusnya digunakan untuk menaikkan suhu ( $\Delta T$ ) dari bahan uji dengan kapasitas panas (*c*) dan massa (*m*).

$$E_{\text{panas}} = m \cdot c \cdot \Delta T \quad \dots (2)$$

$$E_{\text{listrik}} = E_{\text{panas}} + E_{\text{hilang}} \quad \dots (3)$$

Hasil pengambilan data ditunjukkan seperti pada Tabel 1, yaitu data energi yang hilang dari proses konversi. Pada pengujian tersebut digunakan parameter massa, arus dan tegangan konstan. Dari data yang didapat pada tabel 1, terlihat bahwa pada suhu tinggi, kuantitas hilangnya energi panas akan semakin besar. Pada tabel 2 terlihat adanya nilai energi hilang lebih tinggi jika dibandingkan dengan wadah kalorimeter dengan insulasi kain flannel.

Tabel 1. Data nilai energi hilang pada kalorimeter wadah dengan insulasi

| Data | Q <sub>panas</sub> (joule) |          |                     |                     |         | Q <sub>listrik</sub> (joule) |      |      |         | E <sub>hilang</sub> (Joule) |
|------|----------------------------|----------|---------------------|---------------------|---------|------------------------------|------|------|---------|-----------------------------|
|      | m(gram)                    | C(J/kgC) | T <sub>2</sub> (°C) | T <sub>1</sub> (°C) | Energi  | V(volt)                      | I(A) | T(s) | Energi  |                             |
| 1    | 64.1                       | 4200     | 21                  | 26.1                | 1373.02 | 10.6                         | 0.56 | 304  | 1804.54 | 431.52                      |
| 2    | 64.8                       | 4200     | 26.3                | 31.4                | 1388.02 | 10.6                         | 0.56 | 351  | 2083.54 | 695.52                      |
| 3    | 64.8                       | 4200     | 31.8                | 36.1                | 1170.29 | 10.6                         | 0.56 | 374  | 2220.06 | 1049.78                     |
| 4    | 64.8                       | 4200     | 36.3                | 41.3                | 1360.80 | 10.6                         | 0.56 | 422  | 2504.99 | 1144.19                     |
| 5    | 64.8                       | 4200     | 41.4                | 46.5                | 1388.02 | 10.6                         | 0.56 | 482  | 2861.15 | 1473.14                     |
| 6    | 64.8                       | 4200     | 46.7                | 51.1                | 1197.50 | 10.6                         | 0.56 | 520  | 3086.72 | 1889.22                     |

\*wadah plastik-insulator kain flannel

Tabel 2. Data nilai energi yang hilang pada kalorimeter tanpa insulasi

| Data | Q <sub>panas</sub> (joule) |          |                     |                     |         | Q <sub>listrik</sub> (joule) |      |      |         | E <sub>hilang</sub> (Joule) |
|------|----------------------------|----------|---------------------|---------------------|---------|------------------------------|------|------|---------|-----------------------------|
|      | m(gram)                    | C(J/kgC) | T <sub>2</sub> (°C) | T <sub>1</sub> (°C) | Energi  | V(volt)                      | I(A) | T(s) | Energi  |                             |
| 1    | 64.1                       | 4200     | 21                  | 25.7                | 1265.33 | 10.6                         | 0.56 | 304  | 1804.54 | 539.21                      |
| 2    | 64.8                       | 4200     | 26.3                | 30.1                | 1034.21 | 10.6                         | 0.56 | 351  | 2083.54 | 1049.33                     |
| 3    | 64.8                       | 4200     | 31.8                | 35.4                | 979.78  | 10.6                         | 0.56 | 374  | 2220.06 | 1240.29                     |
| 4    | 64.8                       | 4200     | 36.3                | 40.1                | 1034.21 | 10.6                         | 0.56 | 422  | 2504.99 | 1470.78                     |
| 5    | 64.8                       | 4200     | 41.4                | 44.9                | 952.56  | 10.6                         | 0.56 | 482  | 2861.15 | 1908.59                     |
| 6    | 64.8                       | 4200     | 46.7                | 49.6                | 789.26  | 10.6                         | 0.56 | 520  | 3086.72 | 2297.46                     |

## KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa akurasi dari sensor DS18B20 yang terintegrasi dalam sistem kalorimeter adalah sekitar 0.13°C. Selisih pembacaan sensor INA219 dengan alat ukur avometer didapatkan selisih dengan kisaran nilai 0.23volt dan

16.7 mA. Hasil perhitungan konversi energi dari dua tipe wadah didapatkan wadah dengan insulator kain flannel memiliki daya isolasi panas yang lebih baik, jika dibandingkan dengan kalorimeter non-insulator.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Albanna dan A. Harjito, "ANALISA POLA PENGIRIMAN PAKET DATA MULTI SENSOR DAN KEBUTUHAN ENERGI PADA RANCANG BANGUN ISTEM INTERNET OF THINGS BERBASIS ESP-8266."
- [2] F. A. Candelas dkk., "Experiences on using Arduino for laboratory experiments of Automatic Control and Robotics," *IFAC-Pap.*, vol. 48, no. 29, hlm. 105–110, Jan 2015.
- [3] I. Albanna dan A. Anjani, "SISTEM SERVER CERDAS INTERNET OF THING (IoT) UNTUK PROTEKSI KEGAGALAN FUNGSI INSTRUMENTASI PADA KONSEP KENDARAAN HIBRID," dalam *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan V*, 2017.
- [4] K. Z. Panatik dkk., "Energy harvesting in wireless sensor networks: A survey," dalam *2016 IEEE 3rd International Symposium on Telecommunication Technologies (ISTT)*, 2016, hlm. 53–58.
- [5] L. H. M. de Castro, B. L. Lago, dan F. Mondaini, "Damped Harmonic Oscillator with Arduino," *J. Appl. Math. Phys.*, vol. 3, no. 6, hlm. 631–636, Jun 2015.
- [6] R. K. Krastev, "Measuring of heat capacity," *Int. J. Heat Mass Transf.*, vol. 53, no. 19, hlm. 3847–3854, Sep 2010.
- [7] D. Nichols, "Arduino-Based Data Acquisition into Excel, LabVIEW, and MATLAB," *Phys. Teach.*, vol. 55, no. 4, hlm. 226–227, Mar 2017.
- [8] A. D'Ausilio, "Arduino: A low-cost multipurpose lab equipment," *Behav. Res. Methods*, vol. 44, no. 2, hlm. 305–313, Jun 2012.
- [9] M. Ishikawa dan I. Maruta, "Rapid Prototyping for Control Education using Arduino and Open-Source Technologies," *IFAC Proc. Vol.*, vol. 42, no. 24, hlm. 317–321, Jan 2010.
- [10] M. Muyskens, "An Integrated-Circuit Temperature Sensor for Calorimetry and Differential Temperature Measurement," *J. Chem. Educ.*, vol. 74, no. 7, hlm. 850, Jul 1997.
- [11] P. Regtien, F. van der Heijden, M. J. Korsten, dan W. Otthius, *Measurement Science for Engineers*, 1 edition. London ; Sterling, VA: Butterworth-Heinemann, 2004.
- [12] D. C. Giancoli, *Physics: Principles with Applications (7th Edition) - Standalone book*, 7 edition. Boston: Pearson, 2013.
- [13] J. Sobota, R. Pišl, P. Balda, dan M. Schlegel, "Raspberry Pi and Arduino boards in control education," *IFAC Proc. Vol.*, vol. 46, no. 17, hlm. 7–12, Jan 2013.
- [14] S. Oberloier dan J. M. Pearce, "Open source low-cost power monitoring system," *HardwareX*, vol. 4, hlm. e00044, Okt 2018.
- [15] S. Monk, *Programming the Raspberry Pi, Second Edition: Getting Started with Python*, 2 edition. New York: McGraw-Hill Education TAB, 2015.