

## PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN BERBASIS ARDUINO PADA MATA KULIAH STEM

Adi Pramuda<sup>\*1</sup>, Dwi Fajar Saputri<sup>2</sup>, Matsun<sup>2</sup>, Soka Hadiati<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Magister Pendidikan Fisika, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia.

<sup>2</sup> Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas PGRI Pontianak, Pontianak, Indonesia.

\*Email: [adipramuda@unm.ac.id](mailto:adipramuda@unm.ac.id)

**Abstract:** The industrial revolution 4.0 demands the integration of technology into the learning process so that STEM courses require technology-based media. This study aims to develop Arduino-based learning media in STEM courses. The specific objectives of this study are to determine; 1) the validity of Arduino-based learning media in STEM courses; 2) the practicality of Arduino-based learning media in STEM courses. The method used in this study is the research and development method with a 4D design. The research subjects consisted of development subjects, namely material experts and media experts, while the trial subjects were students of the Physics Education study program at IKIP PGRI Pontianak Semester IV who took STEM courses. Data collection tools were in the form of validation sheets and response questionnaires to measure the practicality of the developed media. Data analysis techniques used percentages with predetermined feasibility and practicality criteria. The results of the study showed that Arduino-based learning media had met the feasibility criteria with a High category, Arduino-based learning media was practical to use based on student assessments with a high category, and students gave a good response to Arduino-based learning media.

**Keywords:** Arduino, Learning media, STEM.

### 1. Pendahuluan

Perkembangan zaman di Indonesia sekarang mengikuti Revolusi 4.0. Tantangan yang dihadapi diantaranya adalah pembelajaran yang menuntut untuk mengintegrasikan teknologi ke dalam proses pembelajaran. Revolusi industri 4.0 merupakan saat teknologi menjadi dasar dalam kehidupan manusia (Aprillinda, 2019). Hal ini sejalan dengan pembelajaran Abad 21 mengintegrasikan kemampuan literasi dengan penguasaan terhadap teknologi (Dit. PSMA Ditjen Pendidikan Dasar dan Menengah, 2017). Pembelajaran abad 21 pada revolusi industri 4.0 menuntut inovasi dan memanfaatkan teknologi secara optimal. Teknologi bukan hal asing pada revolusi industri 4.0, masyarakat menggeser aktivitas-aktivitas yang awalnya di dunia nyata, ke dunia maya (era disrupsi teknologi).

Salah satu mata kuliah yang diusung untuk menghadapi era 4.0 adalah mata kuliah Sains Technology Engineering Mathematics (STEM). Dalam penyusunan kurikulum capaian pembelajaran dalam mata kuliah ini meliputi aspek pengetahuan dan aspek kemampuan umum, yaitu menguasai konsep umum, prinsip, dan aplikasi sains dan matematika, statistika, komputasi, elektronika, dan bahasa. Aspek keetrampilan yaitu mampu menerapkan pemikiran logis, kritis, sistematis, dan inovatif dalam konteks pengembangan atau implementasi ilmu pengetahuan dan teknologi yang memperhatikan dan menerapkan nilai humaniora yang sesuai dengan bidang keahliannya, serta menunjukkan kinerja mandiri, bermutu, dan terukur. Learning outcome yang diharapkan dalam mata

kuliah ini adalah dihasilkannya produk mahasiswa berupa perancangan dan teknologi dari aplikasi ilmu sains dan matematika.

Berdasarkan *learning outcome* yang diharapkan tersebut konten materi yang dipelajari dalam mata kuliah ini antara lain 1) peranan sains dalam STEM; 2) peranan matematika dalam STEM; 3) peranan rekayasa dan teknologi dalam STEM; 4) analisis pemanfaatan matematika dan sains dalam proyek; 5) implementasi rekayasa melalui teknologi informasi dalam proyek. Proses pembelajaran yang memiliki urgensi untuk menyongsong era Revolusi Industri 4.0, yaitu dengan pendekatan saintifik menggunakan media pembelajaran yang berbasis teknologi Arduino.

Arduino merupakan perangkat mikrokontroler yang digunakan untuk penginderaan, mengendalikan, logical dan aplikasi komputasi (Abubakar et al, 2017). Beberapa penelitian telah menunjukkan pemanfaatan Arduino dalam berbagai macam media pembelajaran/pengukuran antara lain: alat pengukuran kelistrikan (Atkin, 2016, 2017; Pereira, 2016; Khair, Lubis, Agustha, Dharmawati, & Zulfi, 2017), pengukuran gaya dan gerak suatu benda (Liani, Harahap, Hidayat, & Hendro, 2015; Araújo, Portugal, Couceiro & Rocha, 2015; Latha, Murthy, & Kumar, 2016). Kombinasi dalam konteks instruksional teknologi Arduino pada matakuliah STEM sangat urgen untuk diperjelas implementasinya. Salah satunya adalah penarikan isu gelombang tsunami, aplikasi Arduino dapat merekayasa terjadinya gelombang dan dapat memprediksi pengukuran besar gelombang dan dampak yang akan ditimbulkan, sehingga ketika mahasiswa diberikan media berbasis arduino ini mereka dapat membuat simulasi dan memahami materi jauh lebih dalam. Hal ini menunjukkan perlunya pengembangan media pembelajaran berbasis Arduino pada mata kuliah STEM.

Oleh karena itu, pengembangan media pembelajaran berbasis Arduino dalam mata kuliah STEM menjadi langkah strategis yang tidak hanya menjawab kebutuhan kurikulum, tetapi juga menjadi hal krusial dalam membekali mahasiswa dengan kompetensi praktis dan analitis yang relevan di era Revolusi Industri 4.0. Melalui penelitian ini akan diketahui tingkat kelayakan dan kepraktisan media pembelajaran berbasis Arduino pada mata kuliah STEM.

## 2. Metodologi

### Prosedur Penelitian

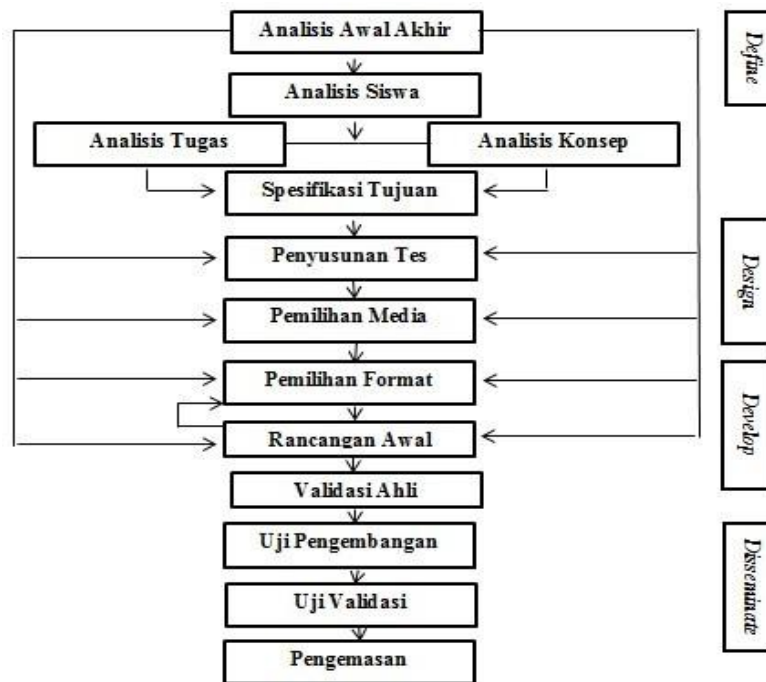
Penelitian dan pengembangan yang digunakan ini bertujuan untuk menghasilkan produk. Produk dibuat berdasarkan analisis kebutuhan dan di uji keefektifan produk tersebut agar berfungsi di masyarakat luas. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah model 4-D yang terdiri dari 4 tahap pengembangan, yaitu *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate* merujuk pada Thiagarajan 1974 (Nurmanita et al, 2019). Bagan model pengembangan 4-D dapat dilihat pada Gambar 1.

Tahap *define* (pendefinisian) berisi kegiatan untuk menentukan produk yang akan dikembangkan, beserta spesifikasinya. Tahap ini merupakan kegiatan analisis kebutuhan yang dilakukan melalui penelitian. *Design* (perencanaan) berisi kegiatan untuk membuat rancangan terhadap produk yang telah ditetapkan. *Develop* (pengembangan) berisi kegiatan membuat rancangan menjadi produk dan menguji validitas produk secara berulang-ulang sehingga dihasilkan produk yang valid dan praktis. *Disseminate* (penyebaran) berisi kegiatan menyebarluaskan produk yang telah teruji untuk dimanfaatkan secara luas.

### Subjek Penelitian

Penelitian ini melibatkan validator yaitu pakar atau tenaga ahli yang memvalidasi produk. Produk yang akan divalidasi berupa media pembelajaran berbasis Arduino pada mata kuliah STEM. Validator terdiri atas ahli media dan ahli materi. Ahli materi yang dimaksud adalah orang yang ahli dalam materi pada bidang materi sains, matematika dan rekayasa dan teknologi paham dengan model pembelajaran STEM. Ahli materi akan memberikan penilaian terhadap kelayakan isi, penyajian, kebahasaan, dan pembelajaran yang ada pada media pembelajaran. Selain memberikan penilaian, para ahli juga memberikan masukan sebagai perbaikan terhadap media pembelajaran yang dikembangkan tersebut. Ahli media yang dimaksud adalah orang yang ahli dalam menilai modul pembelajaran digital baik dari tampilan, sistem transisi, sistem animasi dan sistem evaluasi media

pembelajaran berbasis Arduino. Ahli media memberikan masukan sebagai perbaikan terhadap media pembelajaran yang dikembangkan. Subjek uji coba produk pada penelitian ini adalah mahasiswa semester IV program studi pendidikan Fisika IKIP PGRI pada tahun akademik 2019-2021 yang mengambil mata kuliah STEM



Gambar 1. Bagan Pengembangan 4-D oleh Thiagarajan

### Teknis dan Alat Pengumpul data

Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah komunikasi tidak langsung dan pengukuran. Teknik Komunikasi Tidak Langsung bertujuan mengetahui kevalidan dan kepraktisan media yang dikembangkan. Teknik Pengukuran bertujuan mengetahui kepraktisan dari media pembelajaran yang dikembangkan. Alat pengumpul data yang digunakan adalah lembar validasi ahli dan angket. Lembar validasi terdiri dari dua yaitu lembar validasi ahli materi dan lembar validasi ahli media. Instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data kelayakan modul dari segi materi yang meliputi aspek kelayakan isi, penyajian, kebahasaan, dan komponen pendekatan STEM. Lembar validasi untuk ahli media digunakan untuk memperoleh data tentang aspek kelayakan media pembelajaran yang meliputi aspek kegrafikan atau tampilan dan aspek sistem evaluasi. Penskoran menggunakan skala pengukuran jenis Likert untuk lembar validasi ahli. Menurut Sugiyono (2017), skala likert digunakan untuk mengembangkan sikap, persepsi dan pendapat seseorang atau sekelompok orang terhadap potensi dan permasalahan suatu objek, rancangan suatu produk, proses membuat produk dan produk yang telah dikembangkan atau diciptakan.

Pengumpulan data melalui kuesioner dengan memberikan instrumen berupa daftar pertanyaan yang harus dijawab oleh orang yang menjadi subjek dalam penelitian. Angket dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui tingkat kepraktisan media yang dikembangkan yaitu berupa angket respon mahasiswa. Indikator angket kepraktisan meliputi ketertarikan terhadap tampilan modul, bahasa, dan penyajian materi.

### Teknik Analisis Data

Data tingkat kelayakan diperoleh dari analisis lembar validasi oleh tim ahli dan tingkat kepraktisan diperoleh dari analisis angket respon mahasiswa selanjutnya dihitung dalam bentuk persentase. Tingkat kelayakan modul berdasarkan penilaian ahli media dan ahli materi data dianalisis

secara deskriptif menggunakan teknik persentase kelayakan. Skor yang diperoleh dikonversikan ke nilai dengan menggunakan persamaan 1.

$$K = \frac{F}{N \times I \times R} \times 100\% \tag{1}$$

Dengan K adalah persentase kelayakan, *F* adalah jumlah keseluruhan jawaban responden, *N* adalah skor tertinggi dalam angket, *I* adalah jumlah pertanyaan dalam angket, *R* adalah banyak responden (Riduwan, 2015). Hasil perhitungan kemudian disimpulkan kriteria kelayakan berdasarkan Tabel 1.

**Tabel 1. Kriteria Interpretasi Penilaian Validator**

Persentase	Kriteria
0 %- 20%	Sangat Tidak Layak
21%-40%	Kurang Layak
41%-60%	Cukup
61%-80%	Layak
81%-100%	Sangat Layak

Untuk mengetahui respon siswa, diperoleh dari angket berbentuk skala likert (Sugiyono, 2017). Data kemudian dihitung dengan persamaan 2.

$$\%X_{in} = \frac{\sum S}{S_{max}} \times 100\% \tag{2}$$

Dengan  $\%X_{in}$  adalah persentase jawaban angket,  $\sum S$  adalah jumlah skor jawaban responden, dan  $S_{max}$  adalah jumlah skor maksimal. Kemudian data di disimpulkan berdasarkan Tabel 2.

**Tabel 2. Kriteria Tingkat Kepraktisan**

Persentase (%)	Kriteria
80,1 - 100	Sangat Tinggi
60,1 – 80	Tinggi
40,1 – 60	Sedang
20,1 – 40	Rendah
0,0 – 20	Sangat Rendah

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada tahap perencanaan, dilakukan perancangan media pembelajaran berbasis Arduino yang akan dikembangkan yaitu alat percobaan Arduino disertai dengan modul. Tahap awal perencanaan adalah menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan dalam membuat alat percobaan. Gambar 2 menunjukkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam merancang alat percobaan berbasis Arduino.



Gambar 2. Alat dan Bahan dalam pembuatan media berbasis Arduino

Gambar 2 menunjukkan alat dan bahan yang diperlukan dalam perancangan media pembelajaran antara lain: Arduino, Modul tegangan, kabel penghubung, baterai 9 V, multimeter, laptop, kabel, lampu, dan plat tembaga. Alat dan bahan ini selanjutnya dirangkai seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Alat percobaan berbasis Arduino untuk mendeteksi Tsunami

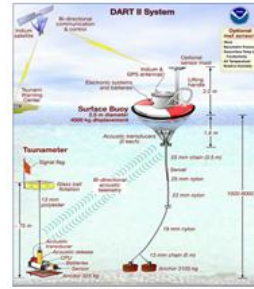
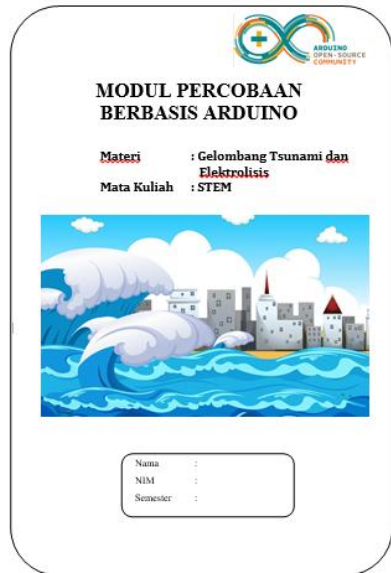
Gambar 3 menunjukkan serangkaian alat percobaan berbasis Arduino yang dapat digunakan sebagai pendeteksi Tsunami. Sensor tegangan di hubungkan dengan Arduino dan komputer sebagai alat pengukur tegangan. Selanjutnya rangkaian Arduino dan sensor dihubungkan secara parallel pada lampu (sebagai resistor) dan baterai sebagai sumber tegangan. Lampu dihubungkan dengan plat tembaga (berfungsi sebagai penghantar arus listrik) yang diletakkan dalam wadah berisi air. Pada percobaan ini akan divariasikan ketinggian air untuk mempelajari pengaruh ketinggian air terhadap tegangan yang diukur oleh Arduino dan Sensor.



Gambar 4 Alat percobaan berbasis Arduino untuk penjernih air dengan metode elektrolisis

Gambar 4 menunjukkan serangkaian alat metode elektrolisis berbasis Arduino yang dapat digunakan untuk mendeteksi kejernihan air. Plat tembaga berisi air garam dihubungkan dengan lampu dan baterai. Arduino dan sensor tegangan dihubungkan secara parallel ke lampu sebagai alat pengukur tegangan. Pada percobaan ini kadar air garam divariasasi untuk menentukan pengaruh konsentrasi larutan terhadap tegangan yang terukur oleh Arduino dan sensor.

Alat percobaan yang telah dirancang selanjutnya dilengkapi dengan modul percobaan untuk membantu mahasiswa dalam melakukan percobaan. Modul percobaan dibuat dengan urutan judul percobaan, tujuan percobaan, materi, langkah percobaan, dan pertanyaan. Modul dibuat sistematis agar mudah dipahami oleh pengguna. Desain dari modul percobaan disajikan pada Gambar 5.

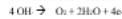


Gambar 1. Sistem Deep-ocean Tsunami

Saat gempa seperti ini terjadi, penduduk daerah terdampak dapat langsung diberi peringatan dini disertai perkiraan kasar ukuran atau waktu kedatangan tsunami. Sementara itu, pusat sistem peringatan dini mengumpulkan data-data lain, seperti perubahan pada permukaan laut, serta ketidalam dan karakteristik dasar laut setempat. Perubahan ketinggian air laut dapat diukur dengan alat seperti alat pengukur pasang surut yang sebelumnya telah ditempatkan di berbagai lokasi. Data-data ini kemudian diolah untuk mengeluarkan perkiraan yang lebih rinci. Dengan data yang cukup, dapat diketahui apakah ada tsunami, dan jika ada, perkiraan juga dapat meliputi peta pergerakan, daerah yang mungkin terkena, waktu kedatangan, maupun ukuran tsunami. Jika diketahui tidak ada tsunami, peringatan dini dapat dibatalkan. Jika tsunami terdeteksi, pihak berwenang di daerah yang dianggap berisiko dapat mengambil tindakan penanggulangan, termasuk memerintahkan evakuasi daerah pesisir. Waktu respons yang dimiliki tiap lokasi berbeda-beda tergantung jaraknya dari pusat



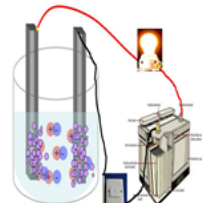
Elektrolisis adalah proses pemecahan ion hidroksida (OH) untuk bergerak ke anoda ketika mencapai anoda, anoda akan kelebihan elektron yang diambil oleh hidroksida dari atom hidrogen sebelumnya. Reaksi ini hidroksida berwujud, dengan terdapat hidroksida, yang lain dan membentuk 1 molekul oksigen dan 2 molekul air:



Melalui oksigen ini sangat stabil dan kemudian bergabung untuk ke peroksidasi. Demikian seterusnya dan terjadi pengulangan proses. Reaksi-reaksi di katoda (katoda) hanya bergantung pada jenis katoda dalam larutan. Jika katoda berasal dari logam dengan potensial elektroda lebih rendah maka air yang akan teroksidasi.

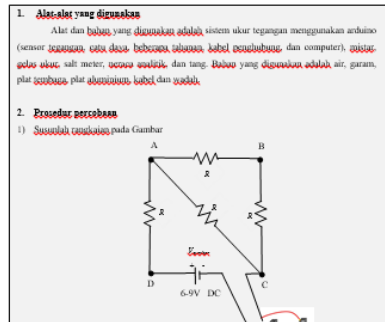
Akibat menggunakan arus listrik adalah adanya arus Natrium Klorida (NaCl) yang tinggal dari air (H<sub>2</sub>O) dioksidasi menjadi Na<sup>+</sup> dan Cl<sup>-</sup> dengan adanya partikel muatan bebas itu maka dapat membuat arus listrik. Terdapat arus listrik oleh arus tersebut dapat dipakai sebagai sumber energi listrik yang dapat untuk mendeteksi perubahan ketinggian air laut dengan menggunakan metode sel volta.

Apabila air larutan garam digunakan sebagai penghantar listrik, maka semakin bertambah massa garam dalam bejana konsekuensinya daya hantar listrik yang dihasilkan juga akan semakin besar. Prinsip ini dapat dimanfaatkan untuk membangun alat peringatan dini tsunami, di mana lonjakan volume air laut dapat menyebabkan perubahan daya hantar.



Gambar 7. Proses elektrolisis

**Formulasi Tabel 2**



Gambar Rangkaian Hubungan Campuran

- 1) Siapkan air garam dengan variasi massa 100 dan 200 g.
- 2) Ukur kadar garam dengan sensor volume air 0,5, 1,0, 1,5, dan 2 liter.
- 3) Masaklah larutan resistansi dan sensor yang dicolokkan ke dalam bejana air dan garam kemudian ukur tegangan menggunakan sistem ukur arduino.
- 4) Lakukan komparasi hasil percobaan dengan Arduino IDE.
- 5) Hubungkan port usb Arduino ke komputer.

Gambar 5. Halaman Awal Modul Percobaan

Gambar 5. menunjukkan halaman awal modul percobaan. Modul percobaan terdiri atas 18 halaman memuat panduan dalam menggunakan media pembelajaran berbasis Arduino. Modul percobaan memuat dua bagian yaitu bagian 1 menjelaskan percobaan Arduino yang digunakan sebagai detector Tsunami. Percobaan 2 menjelaskan prosedur percobaan terkait konsep elektrolisis. Pada tahap pengembangan dilakukan validasi terdapat media pembelajaran berbasis Arduino. Media berupa alat percobaan dan modul penggunaan alat selanjutnya divalidasi oleh 3 orang validator. Hasil Validasi ahli disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Validitas Isi

Ahli	Persentase	Kategori
Materi	78%	Layak
Media 1	80%	Layak
Media 2	80%	Layak

Table 3 menunjukkan bahwa media pembelajaran yang dikembangkan telah layak digunakan. Selanjutnya dilakukan uji kepraktisan dengan menyebarkan angket respon kepada mahasiswa. Hasil uji kepraktisan diketahui bahwa 80% mahasiswa memberikan respon yang baik terhadap media pembelajaran sehingga dapat dikatakan bahwa media pembelajaran praktis dengan kategori tingkat kepraktisan tinggi.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian dari Royan et al (2022) yang menekankan pada media Arduino Uno mampu memfasilitasi siswa memahami logika pemrograman yang kompleks melalui pembelajaran konkret. Rusjayana et al (2025) memperkuat temuan ini dengan menunjukkan bahwa rancang bangun kit Arduino Uno tidak hanya sekadar alat bantu, tetapi berperan sebagai instrumen yang secara empiris meningkatkan motivasi belajar peserta didik. Salah satu temuan menarik dari Yusuf et al (2023) adalah fokus pada penggunaan sensor bagi pengguna pemula. Hal ini mengindikasikan pemanfaatan sensor dan Arduino Uno memberikan pengalaman belajar yang interaktif, di mana siswa dapat melihat respons real-time dari kode program yang mereka buat terhadap lingkungan fisik. Pembelajaran STEM berbasis teknologi sering kali mendorong aktivitas untuk meningkatkan pengalaman belajar dan partisipasi peserta didik (Cheng & Kinoshita, 2024). Guevara, et al (2026) menemukan bahwa IoT dan mikrokontroler Arduino dalam pembelajaran membantu mahasiswa memahami kebutuhan teknologi masa depan di industri 4.0. Arduino open-source menciptakan suasana belajar yang mudah karena mahasiswa dapat memecahkan masalah teknis dengan mengakses kode program yang tersedia.

#### 4. Simpulan dan Saran

Media pembelajaran berbasis Arduino telah memenuhi kriteria kelayakan dengan kategori tinggi. Media pembelajaran berbasis Arduino praktis digunakan berdasarkan penilaian dari mahasiswa dengan kategori tinggi. Perangkat pengukuran perlu dipersiapkan dengan baik terutama kalibrasi perangkat pengukuran yang berhubungan dengan sensor agar eksperimen berjalan lancar. Arahan yang baik dari pendidik diperlukan untuk mengefisienkan waktu pelaksanaan percobaan.

#### 5. Daftar Pustaka

- Abubakar, I., Khalid, S.N., Mustafa, Shareef, M. W.H., & Mustapha, M. (2017). Calibration of Zmpt101b Voltage Sensor Module Using Polynomial Regression For Accurate Load Monitoring. *Journal of Engineering And Applied Sciences*, 12 (4), 1076-1084.
- Aprillinda, M. (2019). *Perkembangan Guru Profesional Di Era Revolusi Industri 4 . 0*. In Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Program Pascasarjana.
- Araújo, A., Portugal, D., Couceiro, M.S., & Rocha, R.P. (2013). *Integrating Arduino-based Educational Mobile Robots in ROS*. Proceedings of the 13th International Conference on Mobile Robots and Competitions. Portugal, 24 April, 2013.
- Atkin, K. (2016). Using the Arduino with MakerPlot software for the display of resonance curves characteristic of a series LCR circuit. *Physics Education*, 51(6), 065006. doi: <https://doi.org/10.1088/0031-9120/51/6/065006>.
- Cheng, L., & Kinoshita, R. (2024). Systematic Review of Technology-Based STEM Education Research in the United States. *TEM Journal*, 13 (3), 1793-1804. DOI: 10.18421/TEM133-08.
- Dit. PSMA Ditjen Pendidikan Dasar dan Menengah. (2017). *Panduan Implementasi Kecakapan Abad 21 Kurikulum 2013*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Guevara, V., Tupac-Yupanqui, M., & Vidal-Silva, C. (2026). Bridging the Gap in IoT Education: A Comparative Analysis of Project-Based Learning Outcomes Across Industrial, Environmental, and Electrical Engineering Disciplines. *Computers*, 15(2), 98. <https://doi.org/10.3390/computers15020098>
- Khair, U, Lubis, A.J., Agustha, I., Dharmawati, Zulfin, M. (2017). Modeling And Simulation of Electrical Prevention System Using Arduino Uno,Gsm Modem and Acs712 Current Sensor. IOP Conf. Series: *Journal of Physics: Conf. Series*, 930, 012049. doi :10.1088/1742-6596/930/1/012049
- Latha, N.A., Murthy, B.R., & Kumar, K.B. (2016). Distance Sensing with Ultrasonic Sensor and Arduino. *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, 2(5).
- Liani, P.H., Harahap, A., Hidayat, R., & Hendro. (2015). *Rancang Bangun Alat Deteksi Gaya Impuls pada Benda Bertumbukan Menggunakan Sensor IMU 10 DOF (Degree of Freedom) Berbasis Arduino*. Prosiding Seminar Kontribusi Fisika 2015. Bandung, 16-17 Desember 2015.

- Nurmanita, Siagian, P., Sitompul, P. (2019). Development of Learning Device through Problem Based Learning Model Assisted by Geogebra to Improve Students' Critical Mathematical Thinking Ability. *Journal of Mathematical Sciences and Applications*, 7(1):1-9. doi: 10.12691/jmsa-7-1-1.
- Pereira, N. S. A. (2016). Measuring the RC time constant with Arduino. *Physics Education*, 51(6), 065007. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/51/6/065007>.
- Riduwan. (2015). *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Bandung: Alfabeta.
- Royan, V. A., Sulisty, E., Suprianto, B., & Sumbawati, M. S. (2022). Pengembangan Trainer Palang Perlintasan Kereta Api Dan Pelican Crossing Berbasis Arduino Sebagai Media Pembelajaran Pada Mata Pelajaran Pemrograman, Mikroprosesor Dan Mikrokontroler Kelas XI Tav Di SMKN 2 Surabaya. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 11(03), 471–478. <https://doi.org/10.26740/jpte.v11n03.p471-478>.
- Rusjayana, R. F., Kholis, N., Rusimamto, P. W., & Zuhrie, M. S. (2025). Rancang Bangun Kit Berbasis Arduino Uno Sebagai Media Penunjang Praktikum Terhadap Motivasi Belajar Peserta Didik Kelas XI Pemrograman Dan Aplikasi Mikrokontroler Di SMKN 7 SURABAYA. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 15(01), 69–74. Retrieved from <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-pendidikan-teknik-elektro/article/view/68236>.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D)*. Bandung: Alfabeta.
- Yusuf, A., Tafrikhatin, A., Sumarah, J & Hudaifah, N. N. (2023). Media Pembelajaran Sensor Berbasis Arduino Uno Untuk Pembelajaran Mikrokontroler Pemula. *JASATEC : Journal of Students of Automotive, Electronic and Computer*, 3(1), 15-26. <https://doi.org/10.37339/jasatec.v3i1.1403>.