



Pelatihan Arduino untuk Memperkenalkan Teknologi Mikrokontroler pada Siswa MTs Mathla'ul Anwar Pamulang

Kartika Sekarsari^{1*}, Elfirza Rosiana¹, Rini Astuti¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang, Jalan Raya Puspiptek No. 46, Serpong, Banten, Indonesia, 15316

*Email koresponden: dosen00181@unpam.ac.id

ARTICLE INFO

Article history

Received: 04 Jul 2025

Accepted: 17 Okt 2025

Published: 30 Nov 2025

Kata kunci:

Arduino,
Elektronika,
Mikrokontroler,
STEAM,
Pelatihan,
Teknologi.

Keywords:

Arduino,
Electronics,
Microcontrollers,
STEAM,
Technology,
Training.

ABSTRAK

Pendahuluan: Arduino merupakan platform mikrokontroler *open source* yang memiliki fungsi untuk mengatur beragam aspek secara efisien dari beberapa komponen elektronik seperti motor, sensor, LED, dan perangkat Internet of Things (IoT). Studi ini bertujuan untuk memperkenalkan teknologi mikrokontroler, khususnya Arduino, kepada siswa-siswi MTS Mathlaul Anwar Pamulang sebagai bagian dari penguatan literasi teknologi. **Metode:** pendekatan STEAM. Kegiatan diikuti oleh 67 peserta, yaitu mulai dari siswa kelas 7 dan siswa kelas 8 dan dilaksanakan dalam bentuk penyampaian materi interaktif, pemberian motivasi, serta praktik langsung perakitan rangkaian Arduino menggunakan berbagai komponen elektronik. **Hasil:** Adanya peningkatan nilai *pretest* dan *posttest*, kemampuan peserta dalam merakit mikrokontroler secara mandiri sesuai standar, serta hasil observasi dan kuesioner yang menilai keterampilan, kepuasan, dan efektivitas pelatihan. **Kesimpulan:** Pendekatan pembelajaran berbasis STEAM efektif dalam menumbuhkan minat dan pemahaman siswa terhadap teknologi berbasis mikrokontroler Arduino.

ABSTRACT

Background: Arduino is an open source microcontroller platform that has the function to efficiently manage various aspects of several electronic components such as motors, sensors, LEDs, and Internet of Things (IoT) devices. This study aims to introduce microcontroller technology, especially Arduino, to students of MTS Mathlaul Anwar Pamulang as part of strengthening technological literacy. **Method:** STEAM approach. The activity was attended by 67 participants, ranging from 7th grade students to 8th grade students and was carried out in the form of interactive material delivery, motivation, and direct practice of assembling Arduino circuits using various electronic components. **Result:** There was an increase in pretest and posttest scores, participants' ability to assemble microcontrollers independently according to standards, as well as the results of observations and questionnaires that assessed skills, satisfaction, and training effectiveness. **Conclusion:** The STEAM-based learning approach is effective in fostering students' interest and understanding of Arduino microcontroller-based technology.



© 2025 by authors. Lisensi Jurnal Solma, UHAMKA, Jakarta. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution (CC-BY) license.

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang terus berkembang secara dinamis dalam bidang informasi dan komunikasi (TIK) (Marjunus et al., 2023) yang ditandai oleh dominasi teknologi digital menunjukkan pertumbuhan yang sangat pesat dan berdampak signifikan pada berbagai aspek kehidupan manusia (Suryani et al., 2023). Menurut (Dito, 2021) kemajuan teknologi digital telah membawa transformasi signifikan yang terjadi dalam sektor pendidikan, membuka peluang bagi metode pembelajaran yang lebih interaktif, inovatif, dan inklusif. Teknologi digital juga berperan penting dalam mendorong kreativitas dan tingkat produktivitas kalangan muda, yang diproyeksikan sebagai aset utama dalam pengembangan sumber daya manusia di masa mendatang (Nikmah et al., 2023). Sejalan dengan manfaat tersebut, penguasaan teknologi oleh generasi muda menjadi sangat penting. Namun, perkembangan yang begitu cepat juga membawa tantangan, terutama jika tidak diimbangi dengan edukasi yang tepat. Tanpa pemanfaatan yang bijak dan terarah, teknologi berpotensi menimbulkan dampak negatif. Oleh karena itu, perlu disediakan pendidikan teknologi yang efektif dan terstruktur agar generasi muda dapat memanfaatkan kemajuan digital secara positif dan produktif.

Salah satu bentuk teknologi yang relevan dan aplikatif untuk diperkenalkan di dunia pendidikan adalah teknologi mikrokontroler, terutama platform Arduino. Arduino merupakan perangkat mikrokontroler yang populer digunakan dalam merancang sistem elektronika dan otomasi karena kemudahan pemrograman dan harga yang relatif terjangkau (Yusro et al., 2021). Di Indonesia, penggunaan Arduino mulai luas digunakan di kalangan pelajar dan mahasiswa yang mengembangkan berbagai proyek berbasis elektronika dan *Internet of Things* (IoT) (Wardiyanto & Yundra, 2019). Bahasa pemrograman Arduino yang berbasis C dengan pustaka yang sederhana, Arduino sangat cocok digunakan oleh pemula, termasuk siswa yang menempuh pendidikan di jenjang sekolah menengah pertama serta lembaga pendidikan keagamaan setara madrasah tsanawiyah (MTs). Namun demikian, teknologi mikrokontroler seperti Arduino masih belum banyak dijangkau oleh siswa MTs secara luas. Pendidikan terkait teknologi ini umumnya belum menjadi bagian dari kurikulum formal di tingkat MTs dan sederajat, dan jika ada, hanya diajarkan melalui ekstrakurikuler di beberapa sekolah tertentu. Kendala ini disebabkan oleh sejumlah faktor, seperti: kurangnya tenaga pengajar yang memiliki kompetensi dalam bidang ini dan keterbatasan fasilitas (Sekarsari & Sunardi, 2020). Kondisi tersebut menciptakan kesenjangan yang signifikan dalam penguasaan teknologi oleh siswa MTs, khususnya dalam bidang elektronika dan otomasi. Akibatnya, potensi kreativitas dan inovasi siswa dalam mengembangkan produk teknologi belum dapat dimaksimalkan secara optimal. Padahal, penguasaan teknologi mikrokontroler sangat penting untuk membekali generasi muda dalam menghadapi tuntutan era digital yang semakin kompleks. Berdasarkan studi (Sekarsari, 2020) sebagian besar MTs di wilayah Pamulang belum memiliki program ekstrakurikuler yang memadai terkait teknologi mikrokontroler Arduino, sehingga siswa kehilangan kesempatan untuk belajar langsung dan mengembangkan keterampilan praktis di bidang ini.

Untuk menjembatani kesenjangan tersebut, diperlukan intervensi yang bersifat edukatif dan aplikatif. Salah satu upayanya adalah melalui kegiatan pengabdian kepada masyarakat dalam bentuk pelatihan Arduino di MTs Swasta Mathla'ul Anwar Pamulang. Pelatihan ini diharapkan dapat menjadi solusi inovatif dalam memperkenalkan teknologi mikrokontroler kepada siswa, melalui pendekatan pembelajaran berbasis proyek yang diharapkan dapat menumbuhkan kreativitas, rasa

ingin tahu, dan kemampuan teknis siswa dalam merancang alat elektronik yang bermanfaat bagi kehidupan sehari-hari (Chung & Lou, 2021). Kegiatan ini bertujuan memperkenalkan mikrokontroler Arduino kepada siswa MTs Swasta Mathlaul Anwar melalui pelatihan langsung, agar mereka memahami konsep dasar dan memiliki keterampilan awal dalam merancang rangkaian elektronika. Selain itu, pelatihan ini mendorong kreativitas, inovasi, serta membuka peluang pengembangan produk elektronik sederhana. Ini menjadi langkah awal integrasi teknologi mikrokontroler di tingkat MTs untuk menjawab tantangan Revolusi Industri 4.0. Meskipun demikian, upaya pencapaian tujuan tersebut masih menghadapi sejumlah tantangan di lapangan, khususnya terkait keterbatasan program dan sarana pendukung yang tersedia di MTs Mathla'ul Anwar Pamulang.

MASALAH

Saat ini, MTs Mathla'ul Anwar Pamulang belum memiliki program ekstrakurikuler yang sistematis untuk mengenalkan teknologi terapan, khususnya penguasaan mikrokontroler seperti Arduino. Fasilitas laboratorium TIK pun masih terbatas, hanya mendukung penggunaan perangkat lunak umum dan belum menyediakan sarana pembelajaran perangkat keras secara interaktif. Kondisi tersebut menghambat pengembangan minat dan potensi siswa dalam bidang teknologi, karena terbatasnya fasilitas pembelajaran yang aplikatif serta kurangnya pendampingan teknis dalam merancang alat elektronik sederhana. Akibatnya, siswa memiliki pengalaman praktis yang minim dan belum siap menghadapi tantangan digital yang menuntut kreativitas serta kemampuan berpikir kritis. Oleh karena itu, implementasi program pelatihan mikrokontroler berbasis Arduino menjadi langkah strategis untuk mengatasi kesenjangan kompetensi sekaligus meningkatkan literasi dan keterampilan teknologi di MTs Mathla'ul Anwar Pamulang.

METODE PELAKSANAAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan di MTs Swasta Mathlaul Anwar, yang beralamat di Jl. H. Rean, Benda Baru, Kecamatan Pamulang, Kota Tangerang Selatan. Kegiatan ini diikuti oleh 67 siswa kelas VII dan VIII MTs. Dalam pelaksanaannya, digunakan dua pendekatan, yaitu pendekatan individual dan klasikal. Pendekatan individual diterapkan saat siswa melakukan praktik langsung secara berkelompok untuk praktik langsung, seperti merakit komponen elektronika ke dalam papan Arduino. Sementara itu, pendekatan klasikal digunakan dalam penyampaian materi teori melalui ceramah dan sesi tanya jawab.

Kegiatan *pretest* dilakukan sebelum pelatihan dimulai untuk mengukur tingkat pengetahuan awal siswa terkait materi yang akan disampaikan. *Pretest* ini berupa tes tertulis yang terdiri dari 15 soal pilihan ganda dan 3 soal isian singkat yang mencakup konsep dasar elektronika dan pemrograman Arduino. Setelah pelatihan selesai, dilakukan *posttest* dengan instrumen yang serupa untuk mengevaluasi peningkatan pemahaman siswa setelah mengikuti kegiatan. Hasil perbandingan antara *pretest* dan *posttest* ini digunakan sebagai indikator keberhasilan metode pembelajaran STEAM yang diterapkan, serta efektivitas pendekatan individual dan klasikal dalam meningkatkan kompetensi siswa.

Metode pembelajaran yang diterapkan dalam pelatihan ini adalah metode STEAM, yaitu pendekatan pembelajaran berbasis proyek yang mengintegrasikan bidang sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika (Fitriyah & Ramadani, 2021; Ramadhan, 2023). Metode ini diyakini dapat meningkatkan kreativitas siswa, yang ditunjukkan melalui kemampuan berpikir lancar, fleksibel, dan

terperinci (Habibi, 2023). Selain itu, kualitas individu pendidik seperti pengetahuan, sikap, dan profesionalisme berkontribusi secara intrinsik terhadap proses belajar. Di sisi lain, faktor seperti persiapan materi, penggunaan teknologi, dan kreativitas pengajar merupakan pengaruh eksternal yang turut mendukung keberhasilan pembelajaran (Ahluwalia & Preet, 2019; Tran et al., 2021). Metode STEAM yang digunakan dalam pelatihan PKM ini mencakup beberapa tahap, yaitu:

1. Pengenalan teknologi mikrokontroler Arduino

Pada tahap ini, siswa diberikan materi secara klasikal melalui presentasi di depan kelas mengenai fungsi dan bentuk fisik Arduino serta fungsi pin input dan outputnya. Selain itu, juga dilakukan demonstrasi alat-alat yang menggunakan Arduino sebagai pengendali.

2. Pengenalan komponen elektronika seperti LED, resistor, sensor ultrasonik, dan buzzer.

Siswa dikenalkan pada dasar-dasar elektronika melalui demonstrasi langsung terhadap komponen seperti: LED, resistor, buzzer, dan sensor ultrasonik beserta cara kerjanya. Pada tahap ini juga diperkenalkan istilah-istilah elektronika seperti arus, tegangan, dan tahanan.

3. Pengenalan pemrograman Arduino

Siswa diajarkan cara membuat program dasar di komputer atau laptop, yang kemudian diunggah ke papan Arduino.

4. Perakitan komponen elektronika pada papan Arduino

Siswa dilatih membaca skema rangkaian dan merangkai berbagai komponen elektronika atau sensor yang disediakan, lalu mengintegrasikannya dengan Arduino agar dapat dikendalikan.

5. Pembuatan proyek

Siswa diberikan tugas proyek berupa perakitan sistem sederhana berdasarkan skema yang disediakan oleh tim pelaksana.

6. Evaluasi

Pada tahap akhir kegiatan, dilakukan evaluasi untuk mengukur efektivitas pelatihan dan pencapaian tujuan pembelajaran siswa. Evaluasi dilakukan menggunakan dua jenis instrumen utama, yaitu *pretest* dan *posttest* yang disusun dalam bentuk tes pilihan ganda dan soal isian singkat. Jumlah soal dalam setiap tes terdiri dari 15 soal pilihan ganda, yang mencakup aspek: pengenalan dan fungsi komponen elektronika (5 soal), pemahaman prinsip kerja mikrokontroler Arduino (5 soal), dan langkah-langkah dasar pemrograman Arduino dan praktik perakitan (5 soal), serta 3 soal isian singkat yang mencakup konsep dasar elektronika dan pemrograman Arduino. Instrumen tes telah melalui proses validasi isi (*content validity*) oleh dua dosen ahli di bidang elektronika dan pendidikan teknologi, untuk memastikan kesesuaian materi, tingkat kesulitan, serta kejelasan butir soal sebelum digunakan dalam kegiatan evaluasi. Selain tes tertulis, dilakukan juga observasi kualitatif saat praktik langsung oleh tim panitia untuk menilai aspek keterampilan teknis dan keterlibatan siswa dalam menyusun rangkaian serta menjalankan program Arduino. Data dari evaluasi ini kemudian dianalisis secara deskriptif dan komparatif

(antara *pretest* dan *posttest*) untuk mengidentifikasi peningkatan pemahaman serta efektivitas pendekatan pembelajaran yang digunakan.

Berikut ini adalah diagram alir kegiatan pelaksanaan pelatihan, terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Kegiatan Pelaksanaan Pelatihan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PKM) yang diselenggarakan di Madrasah Tsanawiyah Swasta Mathla'ul Anwar Pamulang pada tanggal 17 hingga 18 November dengan maksud untuk mengenalkan teknologi mikrokontroler melalui pelatihan pemrograman Arduino yang diberikan kepada peserta didik pada jenjang pendidikan menengah pertama atau setara. Pelatihan ini dilaksanakan dengan pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*) yang mengintegrasikan pemahaman konsep teoritis dan praktik langsung guna mengembangkan keterampilan siswa, seperti: berpikir analitis, inovasi, kreativitas, kerja sama tim, serta keterampilan menyelesaikan permasalahan (Chang et al., 2023; Habibi, 2023).

Peningkatan Kompetensi Siswa

Evaluasi hasil pelatihan menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam aspek pengetahuan dan keterampilan teknis siswa, diperlihatkan pada [Tabel 1](#).

Tabel 1. Hasil *Pretest* dan *Posttest* yang Memperlihatkan Adanya Peningkatan yang Signifikan

Nama Kegiatan	Jumlah Peserta (Siswa)	
	Pretest	Posttest
Mengenali komponen elektronika	10	20
Memberikan jawaban teori secara tepat	2	17
Merangkai komponen elektronika dan Arduino sesuai skema	0	15
Mengunggah program dari Arduino IDE ke papan Arduino	0	15

Dari analisa [Tabel 1](#), terlihat bahwa sebelum pelatihan hanya sekitar 10 siswa yang mampu mengenali komponen elektronika dasar dan 2 siswa yang memahami teori Arduino, sedangkan kemampuan merakit rangkaian dan pemrograman mikrokontroler belum dimiliki. Setelah pelatihan, mayoritas siswa dapat menyebutkan komponen dengan benar, memahami fungsi dasar Arduino, serta berhasil merakit dan memprogram alat sederhana seperti sensor ultrasonic atau LED berkedip.

Peningkatan tersebut mengindikasikan bahwa pelatihan yang mengadopsi pendekatan STEAM mampu memberikan kontribusi positif terhadap penguasaan konsep teknis, meskipun dilaksanakan dalam waktu yang relatif singkat. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian ([Okta, 2023](#)) yang menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis proyek menggunakan Arduino efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan teknis pada remaja santri di lingkungan pondok pesantren, meskipun mereka tidak memiliki latar belakang pendidikan teknis sebelumnya. Sasaran pelatihan ini pun memiliki karakteristik yang serupa, yaitu siswa madrasah yang umumnya belum memiliki pengalaman dalam bidang teknologi terapan. Keberhasilan pelaksanaan pelatihan ini memperkuat asumsi bahwa pendekatan STEAM dapat diimplementasikan secara efektif dalam konteks pendidikan non-teknis, selama metode pembelajaran disusun secara adaptif sesuai dengan karakteristik peserta didik. Lebih lanjut, peningkatan kompetensi teknis siswa ini tidak hanya sekadar peningkatan kognitif, melainkan juga menunjang aspek psikomotorik melalui praktik langsung. Hal ini menegaskan pentingnya pengalaman belajar yang bersifat konstruktivistik, di mana siswa membangun pemahaman melalui interaksi langsung dengan perangkat nyata, sebagaimana dijelaskan oleh ([Zanal, 2023](#)).

Evektivitas Metode Pembelajaran STEAM

Model pembelajaran interaktif yang mengombinasikan teori, demonstrasi alat, dan praktik langsung terbukti efektif dalam meningkatkan motivasi dan kemampuan siswa ([Amalia & Afrianingsih, 2023](#)). Penggunaan alat seperti robot line follower dan tempat sampah otomatis memberikan konteks nyata yang memperkuat pemahaman konsep dan menumbuhkan minat siswa terhadap teknologi. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip konstruktivisme yang menempatkan pengalaman langsung sebagai fondasi utama dalam pembelajaran efektif ([Zanal et al., 2023](#)).

Penemuan ini menguatkan temuan ([Sari, 2022](#); [Rojas-Valdes, 2022](#)) yang menyatakan bahwa keterlibatan langsung dalam kegiatan *hands on* menggunakan Arduino dapat meningkatkan kreativitas serta kemampuan pemecahan masalah pada siswa. Meskipun pelatihan yang dilakukan

oleh Sari dan Rojas berlangsung dalam waktu yang lebih lama, sedangkan dalam penelitian ini hanya dilaksanakan selama dua hari, hasilnya tetap menunjukkan bahwa durasi yang lebih singkat dapat memberikan dampak positif, asalkan pembelajaran dirancang secara terstruktur dan fokus pada aktivitas yang bermakna. Hal ini menjadi indikasi penting bahwa pelatihan teknis tidak harus selalu panjang untuk memberikan dampak yang berarti, meskipun tentu keberlanjutan dan pendampingan tetap diperlukan untuk mempertahankan dan mengembangkan kompetensi siswa lebih lanjut. **Gambar 2** menunjukkan pelaksanaan pelatihan Arduino.



Gambar 2. Pelaksanaan Pelatihan Arduino Dalam PKM dengan Metode STEAM

Kendala Teknis dan Implikasi

Meskipun hasil menunjukkan tren positif, terdapat kendala yang signifikan terutama dalam hal pemahaman pembacaan *wiring* diagram (diagram pengkawatan/pengkabelan) dan sintaks pemrograman, terutama bagi siswa yang belum familiar dengan pendekatan komputer. Hal ini sejalan dengan temuan (Pasricha, 2022) yang mengidentifikasi keterbatasan fasilitas dan kemampuan teknis sebagai tantangan utama dalam pembelajaran mikrokontroler.

Kendala ini menunjukkan bahwa keberhasilan pembelajaran mikrokontroler tidak hanya bergantung pada materi dan metode, tetapi juga pada kesiapan fasilitas dan kompetensi pendamping. Oleh karena itu, untuk memastikan kelancaran dan keberlanjutan program perlu adanya investasi pada fasilitas yang memadai serta pelatihan guru yang kompeten dalam bidang teknis (Pasricha, 2022). Dukungan ini menjadi aspek penting agar program serupa dapat dikembangkan di berbagai institusi pendidikan dengan hasil yang optimal.

Penguatan Soft Skills dan Implikasi Kurikulum

Program pelatihan ini tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis siswa, tetapi juga mengasah soft skills mereka di abad ke-21, seperti kemampuan bekerja dalam tim, kreativitas, dan kecepatan berpikir, melalui metode quiz game dan proyek kecil. Temuan ini sejalan dengan pandangan (Khoirunnisa, 2025) bahwa teknologi dalam pendidikan harus melatih keterampilan kognitif, afektif, dan psikomotorik secara simultan untuk menghadapi tantangan era digital dan

Revolusi Industri 4.0. Oleh sebab itu, Arduino berperan tidak hanya sebagai media pembelajaran, tetapi juga alat pengembangan kompetensi siswa. Pelatihan ini membuka peluang integrasi pembelajaran mikrokontroler ke dalam kurikulum lokal, baik sebagai mata pelajaran pilihan maupun ekstrakurikuler, dengan dukungan ekosistem belajar yang adaptif untuk mendorong inovasi, literasi digital, dan kesiapan masa depan teknologi.



Gambar 3. Sesi Foto Bersama Siswa, Guru, dan Panitia PKM

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat berupa pelatihan Arduino di MTs Mathla'ul Anwar Pamulang berhasil memperkenalkan teknologi mikrokontroler melalui pendekatan STEAM (Sains, Teknologi, Rekayasa, Seni, dan Matematika). Metode interaktif yang diterapkan meningkatkan minat, motivasi, serta kemampuan berpikir kritis dan kreatif siswa. Untuk keberlanjutan program, disarankan pelaksanaan rutin pelatihan serupa dengan materi yang lebih mendalam, pembentukan ekstrakurikuler Arduino, pelatihan bagi guru, serta integrasi pembelajaran Arduino dalam kurikulum lokal sekolah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada LPPM Universitas Pamulang, Sekolah MTs Swasta Mathlaul Anwar di Pamulang, serta seluruh panitia PKM dari Prodi Teknik Elektro Universitas Pamulang yang telah berperan aktif dalam mendukung pelaksanaan kegiatan PKM ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahluwalia, A. K., & Preet, K. (2019). Work Motivation: The Study in Relation to Job Satisfaction Amongst the State University Teachers. *Drishtikon : A Management Journal*, 10(1).
- Amalia, D., & Afrianingsih, A. (2023). Pengaruh Pembelajaran Bermuatan STEAM pada Kemandirian ditinjau dari Jenis Kelamin Anak Usia 5-6 Tahun. *PAUDIA : Jurnal Penelitian Dalam Bidang Pendidikan Anak Usia Dini*, 12(2). <https://doi.org/10.26877/paudia.v12i2.16281>
- Chang, C.-Y., Du, Z., Kuo, H.-C., & Chang, C.-C. (2023). Investigating the Impact of Design Thinking-Based STEAM PBL on Students' Creativity and Computational Thinking. *IEEE Transactions on Education*, 66(6), 673–681. <https://doi.org/10.1109/TE.2023.3297221>
- Chung, C. C., & Lou, S. J. (2021). Physical computing strategy to support students' coding literacy: An educational experiment with arduino boards. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(4).

<https://doi.org/10.3390/app11041830>

- Dito, S. B., & Pujiastuti, H. (2021). Dampak Revolusi Industri 4.0 Pada Sektor Pendidikan: Kajian Literatur Mengenai Digital Learning Pada Pendidikan Dasar dan Menengah. *Jurnal Sains Dan Edukasi Sains*, 4(2). <https://doi.org/10.24246/juses.v4i2p59-65>
- Fitriyah, A., & Ramadani, S. D. (2021). Pengaruh pembelajaran STEAM berbasis PJBL (project-based learning) terhadap keterampilan berpikir kreatif dan berpikir kritis. *Inspiratif Pendidikan*, 10(1), 209–226.
- Habibi, M. . M. (2023). Effect of the STEAM Method on Children’s Creativity. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(1), 315–321. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2378>
- Khoirunnisa, A. I. (2025). Curriculum Digitalization: The Impact of Technology on Curriculum Development in The Era of Industrial Revolution 4.0. *Indonesian Journal of Educational Research and Technology*, 5(2), 179–190. <https://doi.org/10.17509/ijert.v5i2.85143>
- Okta, F. C., Aningsih, A., & Kusuma, R. R. (2023). Pelatihan Arduino Kepada Remaja Desa Sindangjaya Guna Menunjang Kompetensi Dalam Bidang Teknologi Dan Otomasi. *An-Nizam*, 2(1), 59–67. <https://doi.org/10.33558/an-nizam.v2i1.6219>
- Pasricha, S. (2022). Embedded Systems Education in the 2020s: Challenges, Reflections, and Future Directions. *Proceedings of the ACM Great Lakes Symposium on VLSI, GLSVLSI*. <https://doi.org/10.1145/3526241.3530348>
- Ramadhan, W. (2023). Pembelajaran Berbasis Pendekatan Steam Melalui Project-Based Learning (Pjbl) Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Sekolah *Jurnal Ibriez: Jurnal Kependidikan Dasar*, 8(2).
- Rojas-Valdes, P., Vidal-Silva, C., & Fuente, C. de La. (2022). Successful Development of Problem-Solving and Computing Programming Competences in Children Using Arduino. *2022 International Symposium on Measurement and Control in Robotics (ISMCR)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ISMCR56534.2022.9950596>
- Roniyus Marjunus, Kamisah Delilawati Pandiangan, Amanto Amanto, Mahfut Mahfut, Yunda Heningtyas, & Heri Satria. (2023). Peningkatan Kualitas Pemahaman Konten dan Teknik Pengajaran Mata Pelajaran Fisika, Kimia, Matematika, Biologi, dan Teknologi Informasi Komputer (TIK). *Jurnal SOLMA*, 12(1). <https://doi.org/10.22236/solma.v12i1.10201>
- Sari, U., Çelik, H., Pektaş, H. M., & Yalçın, S. (2022). Effects of STEM-focused Arduino practical activities on problem-solving and entrepreneurship skills. *Australasian Journal of Educational Technology*, 135–149. <https://doi.org/10.14742/ajet.7293>
- Sekarsari, K., & Sunardi, S. (2020). Pelatihan Arduino untuk Siswa Siswi MTs Swasta Al-Mursyidiyyah Benda Baru Pamulang. *Jurnal Pengabdian Dharma Laksana*, 3(1). <https://doi.org/10.32493/j.pdl.v3i1.6270>
- Suryani, S., Syam, A., & Nurdiansah, N. (2023). PKM Pelatihan Dan Pendampingan Implementasi TIK Dalam Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran Guru SD Negeri Bulurokeng. *Jurnal SOLMA*, 11(3), 515–521. <https://doi.org/10.22236/solma.v11i3.9853>
- Tran, N. H., Huang, C. F., Hsiao, K. H., Lin, K. L., & Hung, J. F. (2021). Investigation on the Influences of STEAM-Based Curriculum on Scientific Creativity of Elementary School Students. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.694516>
- Wardatun Nikmah, Afifatul Mukarromah, Dimas Widnyansyah, & Mochammad Isa Anshori. (2023). Penggunaan Teknologi Dalam Pengembangan SDM. *Mutiara : Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah*, 1(5), 366–386. <https://doi.org/10.59059/mutiara.v1i5.511>
- Wardiyanto, M. F., & Yundra, E. (2019). Pengembangan Trainer Kit Mikrokontroler Arduino Uno Berbasis Iot Sebagai Media Penunjang Pembelajaran Pada Mata Pelajaran Sistem Kontrol Terprogram Di Smk Negeri 1 Jenangan Ponorogo. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 8(1).
- Yusro, M., Guntoro, N. A., & Rikawarastuti. (2021). Utilization of microcontroller technology using Arduino board for Internet of Things (a systematic review). *AIP Conference Proceedings*, 2331, 060004. <https://doi.org/10.1063/5.0041705>
- Zanal, A., Sihab, N., Zulhanip, A. Z., Md Sharif, J., & Abdullah, S. (2023). The Impact of Psychomotor Element in Cognitive Domain Achievement of Electronics 1 during Open Distance Learning (ODL). *International*

