

PELATIHAN ROBOTIKA PADA GURU IPA UNTUK IMPLEMENTASI KURIKULUM KODING DAN KECERDASAN ARTIFISIAL

ROBOTICS TRAINING FOR SCIENCE TEACHERS TO IMPLEMENT CODING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE CURRICULUM

Sauqina*, Syubhan Annur, Ellyna Hafizah

Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia

*e-mail: sauqina@ulm.ac.id

Received 2025-12-15

Revised 2026-08-30

Accepted 2026-08-31

Published 2026-08-31

Abstrak

Pemrograman robotika yang berhubungan dengan konsep sains dapat dimanfaatkan sebagai bentuk implementasi kurikulum koding dan kecerdasan artifisial di tingkat SMP. Sayangnya, berbagai aplikasi pemrograman yang tersedia untuk kit robotika yang tersedia di pasaran bahasa pemrograman yang kompleks, sehingga sulit bagi guru untuk bisa menguasainya dalam waktu singkat. Selain itu, kit robotika tersebut juga cenderung kompleks untuk dirakit oleh guru yang belum memiliki pengalaman di bidang robotik. Kondisi ini membuat guru kurang percaya diri dalam mengimplementasikannya dikelas. Menjawab kebutuhan tersebut, Tim Pengabdian Jurusan Pendidikan IPA FKIP Universitas Lambung Mangkurat (ULM) menyelenggarakan pelatihan bagi guru dan calon guru IPA untuk pemrograman robotika dengan bantuan robot sederhana yang dapat mudah di bongkar pasang. Selain itu robot ini juga dapat diprogram menggunakan aplikasi berbasis *block-based coding*, sehingga lebih mudah untuk digunakan bagi guru yang tidak memiliki latar belakang pemrograman. Pelatihan ini diikuti oleh 27 orang guru MGMP IPA dari salah satu daerah tingkat II di Kalimantan Selatan. Metode pelaksanaan meliputi identifikasi kebutuhan, penyusunan modul pelatihan, pelaksanaan sesi, pengenalan konsep, praktik langsung, refleksi bersama, serta evaluasi berkelanjutan. Hasil survei menunjukkan bahwa pelaksanaan pengabdian sesuai dengan kebutuhan guru IPA serta dapat meningkatkan kepercayaan diri guru dalam melaksanakan pembelajaran koding dan kecerdasan artifisial untuk mengajarkan konsep sains.

Kata Kunci: *block-based coding*; MGMP IPA; kecerdasan artifisial; pembelajaran koding; robotika

Abstract

Robotics programming related to science concepts can be utilized as a form of implementing coding and artificial intelligence curricula at the junior high school (SMP) level. Unfortunately, various programming applications available for robotics kits on the market use complex programming languages, making them difficult for teachers to master in a short time. In addition, these robotics kits also tend to be complex to assemble for teachers who do not yet have experience in the



field of robotics. This condition makes teachers less confident in implementing them in the classroom. In response to these needs, the Community Service Team from the Department of Science Education, Faculty of Teacher Training and Education (FKIP), Universitas Lambung Mangkurat (ULM), organized a training program for science teachers and pre-service teachers on robotics programming using a simple robot that is easy to assemble and disassemble. This robot can also be programmed using a block-based coding application, making it easier to use for teachers without a programming background. The training was attended by 27 science teachers from the Science Subject Teachers' Working Group (MGMP IPA) of a regency/city-level region in South Kalimantan. The implementation method included needs identification, development of training modules, session delivery, concept introduction, hands-on practice, joint reflection, and continuous evaluation. Survey results showed that the community service program met the needs of science teachers and was able to increase teachers' confidence in carrying out coding and artificial intelligence-based learning to teach science concepts.

Keywords: *block-based coding; MGMP IPA; Artificial Intelligence (AI); coding education; robotics*

PENDAHULUAN

Penerapan Kurikulum Nasional terbaru menempatkan integrasi logika komputasi sebagai komponen krusial dalam pembelajaran di berbagai mata pelajaran, termasuk Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) (BSKAP, 2025). Tuntutan ini menggarisbawahi pentingnya pengenalan konsep koding dan kecerdasan artifisial (AI) yang tidak hanya diajarkan sebagai keterampilan terpisah, melainkan diintegrasikan secara langsung dengan konsep-konsep sains. Salah satu praktik pembelajaran yang dianggap paling efektif dan relevan di tingkat SMP yakni melalui pemanfaatan pemrograman robotika (You & Kapila, 2017), yang memungkinkan siswa mengaplikasikan prinsip fisika dan komputasi secara simultan (Lotriet & Gouws, 2025).

Namun, implementasi di lapangan menghadapi tantangan signifikan (Barid et al., 2025). Banyak kit robotika yang beredar di pasaran (mis. Arduino) menggunakan aplikasi pemrograman dengan bahasa pemrograman yang kompleks bagi guru yang sebelumnya tidak terbiasa dengan koding (mis. C/C++) (Fernández & Cossio-Mercado, 2024; Saini & Kaur, 2022), serta desain rakitan yang tidak sederhana, yang secara kolektif menyulitkan guru IPA yang tidak memiliki latar belakang teknis yang mendalam untuk menguasai dan menerapkannya dalam waktu singkat (Ga et al.,



2024; Marín-Marín et al., 2024). Akibatnya, guru menjadi tidak percaya diri dalam melaksanakan pembelajaran yang berbasis koding dan kecerdasan artifisial, khususnya di kelas IPA yang komponen keilmuannya tidak berhubungan langsung dengan logika pemrograman. Hal serupa dialami oleh mitra pengabdian, yakni MGMP guru IPA di salah satu daerah tingkat II (Kota/Kabupaten) di Kalimantan Selatan. Mereka kesulitan untuk mendapatkan akses peralatan robotika dan pelatihan pemrograman yang relevan. Pelatihan pemrograman yang dilakukan umumnya bersifat mendasar dengan pemanfaatan block based coding seperti scratch, namun peralatan robotika arduino umumnya menggunakan C++.

Menjawab kebutuhan mendesak ini, Tim Pengabdian dari Program Studi Pendidikan IPA FKIP Universitas Lambung Mangkurat (ULM) mengambil inisiatif strategis untuk menyelenggarakan pelatihan khusus. Pelatihan ini berfokus pada pemrograman robotika sederhana yang dirancang agar mudah dibongkar-pasang bagi pemula, serta menggunakan aplikasi berbasis *block-based coding* (Choi & Choi, 2024; Lotriet & Gouws, 2025), sebuah pendekatan visual yang ramah bagi pemula (Canbeldek & Isikoglu, 2023). Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini, yang diikuti oleh 27 guru yang tergabung dalam MGMP IPA di salah satu daerah tingkat II di Kalimantan Selatan, bertujuan untuk meningkatkan kepercayaan diri guru dalam mengajar konsep sains melalui media koding dan kecerdasan artifisial.

METODE

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dirancang secara sistematis dengan serangkaian tahapan yang bertujuan untuk memastikan relevansi program dan efektivitas transfer pengetahuan. Pengabdian ini melibatkan 27 orang guru IPA dari lima sekolah di salah satu daerah tingkat II di Kalimantan Selatan. Dalam pelaksanaannya, pengabdian ini dilakukan melalui lima tahapan utama, yakni: 1) Identifikasi Kebutuhan (*needs assessment*), 2) Penyusunan Modul Pelatihan, 3) Pelaksanaan Sesi Pelatihan: Pengenalan Konsep, 4) Pelaksanaan Sesi Pelatihan: Praktik Robotik, dan 5) Refleksi Bersama dan Evaluasi Dampak.



Pengukuran dampak pelatihan dilakukan dengan menggunakan *pretest* dan *post-test* yang diberikan sebelum dan sesudah pelaksanaan sesi pelatihan untuk mengukur perubahan sikap guru terhadap pembelajaran koding dan kecerdasan artifisial. Instrumen berupa angket tertutup dengan skala Likert 1-5 (1 = sangat tidak setuju/tidak yakin/tidak siap, s.d. 5 = sangat setuju/sangat yakin/sangat siap) (Bryman, 2013). Instrumen mengukur empat komponen yakni, kepercayaan diri guru dalam menggunakan kit robotik, kepercayaan diri guru dalam pemahaman tentang kit robotik, kepercayaan diri guru dalam menggunakan aplikasi pemrograman berbasis *block-based coding*, dan kepercayaan diri guru dalam mengintegrasikan kegiatan robotika dan pemrograman pada pembelajaran IPA.

Instrumen merupakan angket valid yang telah melalui uji validasi konstruk oleh dua orang dosen di bidang STEM dan satu orang guru IPA SMP. Data dianalisis secara kuantitatif deskriptif untuk memberikan gambaran manfaat pelatihan bagi guru. Selain itu, hasil refleksi digunakan untuk perbaikan dan peningkatan pelatihan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini terdiri dari uraian upaya pelaksanaan pelatihan diikuti dengan dampak pelatihan terhadap guru yang disajikan melalui analisis kuantitatif deskriptif. Pengabdian dilaksanakan dengan mengikuti tahapan-tahapan yang telah diuraikan pada tahapan metode, yakni melalui lima tahapan.

1. Identifikasi Kebutuhan (*needs assessment*)

Tahap awal ini dilakukan untuk memetakan tantangan spesifik yang dihadapi guru MGMP IPA SMP dalam merespons tuntutan Kurikulum Nasional terkait pembelajaran koding dan pemrograman artifisial. Hasil identifikasi menunjukkan adanya kendala utama: kesulitan dalam mengintegrasikan logika komputasi dengan konsep sains dan rendahnya kepercayaan diri guru akibat kompleksitas perangkat robotika serta bahasa pemrograman yang ada di pasaran. Selain itu hasil diskusi dengan guru juga menunjukkan bahwa guru masih sangat membutuhkan peningkatan kompetensi dalam integrasi koding dengan konsep IPA SMP.



2. Penyusunan Modul Pelatihan

Tim Pengabdian menyusun modul pelatihan yang terfokus pada solusi praktis: penggunaan robot sederhana yang mudah dibongkar pasang dan aplikasi pemrograman berbasis *block-based coding*. Modul ini dirancang untuk mengatasi kompleksitas bahasa pemrograman tradisional dan secara eksplisit menghubungkan praktik koding dan robotika dengan konsep-konsep IPA di tingkat SMP seperti gelombang transversal dan longitudinal, kelistrikan, sistem peredaran darah, dan indikator lingkungan. Modul dirancang dengan berbantuan kit robotika sederhana dan aplikasi pemrograman berbasis *block-based coding*

3. Pelaksanaan Sesi Pelatihan: Pengenalan Konsep

Peserta diperkenalkan pada konsep dasar yang menjadi landasan kegiatan, difokuskan pada penguatan pemahaman tentang konsep robotika yang diaplikasikan dalam kit robot serta tentang pemrograman dengan *block-based coding*. Modul yang diterima oleh guru berisi informasi tentang konsep robotika sederhana, diikuti dengan komponen robot yang akan digunakan dalam pelatihan, serta cara menggunakan aplikasi pemrograman *block-based coding*. Informasi serupa juga disampaikan melalui slide *Power Point* yang disajikan oleh narasumber.



Gambar 1 Narasumber mempresenatsikan penggunaan aplikasi

4. Pelaksanaan Sesi Pelatihan: Praktik Robotik

Ini merupakan inti pelatihan, yakni melibatkan guru secara aktif dalam pemrograman robot melalui aplikasi berbasis *block-based coding* untuk menjalankan fungsi-fungsi spesifik yang terhubung dengan topik dan konsep sains.

Selanjutnya juga secara aktif melakukan perakitan dan pembongkaran robot sederhana yang menjadi objek pemrograman yang dibuat oleh guru.



Gambar 2 Peserta melakukan pemrograman menggunakan tab (kiri) dan handphone (kanan)

5. Refleksi Bersama dan Evaluasi Dampak

Sesi refleksi dilakukan setelah praktik untuk berbagi pengalaman, tantangan, dan keberhasilan. Sesi ini berfungsi sebagai mekanisme umpan balik dan bertujuan membangun rasa percaya diri guru dalam melaksanakan pembelajaran berbasis koding dan robotika.

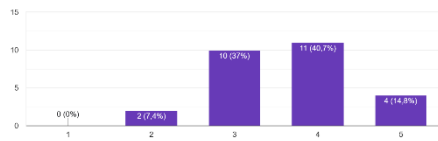
Tim pengabdian juga mengukur dampak pelatihan terhadap sikap guru tentang kepercayaan diri dalam mengimplmentasikan pembelajaran yang melibatkan pemrograman dan robotika. Data menunjukkan bahwa pelatihan berhasil menggeser sikap guru menjadi lebih percaya diri setelah mengikuti pelatihan. Terdapat 4 butir pertanyaan tentang kepercayaan diri guru, yakni dalam 1) penggunaan kit robotika, 2) pemahaman tentang kit robotika, 3) menggunakan aplikasi pemrograman berbasis *block-based coding*, 4) mengintegrasikan kegiatan robotika dan pemrograman pada pembelajaran IPA. Pergeseran sikap secara kolektif dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan jawaban sikap peserta sebelum dan sesudah pelatihan

Sebelum	Sesudah
Meningkatnya kepercayaan diri guru dalam menggunakan kit robotik	

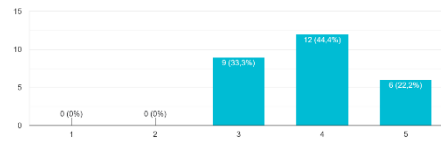
Sebelum

7. Saya percaya bahwa saya mampu merakit rangkaian sederhana menggunakan board, sensor, dan motor.
 27 jawaban



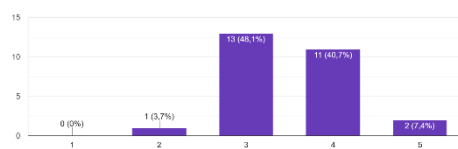
Sesudah

6. Setelah workshop, saya lebih percaya diri merakit rangkaian elektronik sederhana.
 27 jawaban

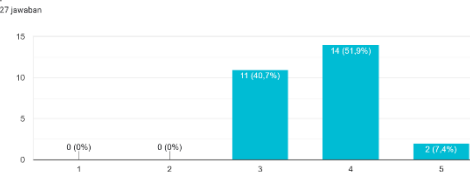


Meningkatnya kepercayaan diri guru dalam pemahaman tentang kit robotik

8. Saya merasa yakin memahami cara kerja IR sensor dan ultrasonic sensor.
 27 jawaban

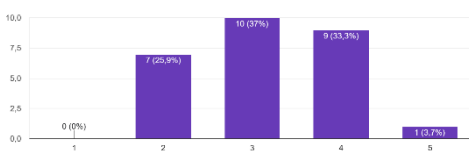


7. Saya memahami cara kerja IR sensor dan ultrasonic sensor lebih baik dibanding sebelum pelatihan.
 27 jawaban

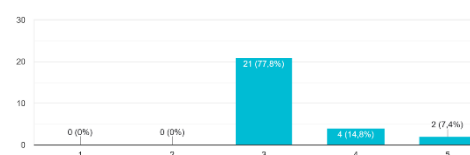


Meningkatnya kepercayaan diri guru dalam menggunakan aplikasi pemrograman berbasis *block-based coding*

10. Saya merasa coding menggunakan block coding (Pueblo Science App) tidak terlalu sulit.
 27 jawaban

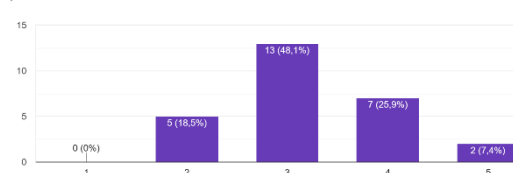


8. Saya mampu membuat program sederhana menggunakan block coding di Pueblo Science App.
 27 jawaban

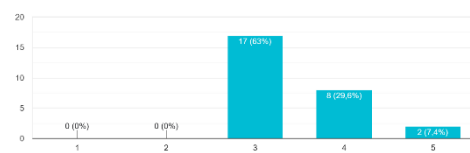


Meningkatnya kepercayaan diri guru dalam mengintegrasikan kegiatan robotika dan pemrograman pada pembelajaran IPA

11. Saya memahami bagaimana mengaitkan aktivitas robotik dengan kompetensi IPA di kurikulum.
 27 jawaban



9. Saya siap mengintegrasikan kegiatan robotik dalam pembelajaran IPA di kelas.
 27 jawaban



Dampak pelatihan terhadap sikap peserta diukur melalui perbandingan jawaban survei yang dikategorikan sebagai *pre-test* (sebelum) dan *post-test* (sesudah). Secara kolektif, data survei menunjukkan adanya pergeseran sikap positif



yang signifikan pada peserta setelah mengikuti pelatihan. Pergeseran ini mencerminkan peningkatan kepercayaan diri guru (*teacher self-efficacy*) dalam mengimplementasikan pembelajaran berbasis coding dan robotika. Berikut adalah analisis terperinci dari pergeseran data yang disajikan dalam Tabel 1:

1. Kepercayaan Diri dalam Menggunakan Kit Robotika

Pergeseran sikap yang paling menonjol terjadi pada aspek teknis, seperti kemampuan merakit rangkaian robot sederhana. Peningkatan drastis terlihat pada pilihan jawaban skala 4 dan 5 (setuju/sangat setuju) setelah pelatihan. Sebelum pelatihan, jumlah guru yang menjawab skala 4 dan 5 (percaya diri) adalah 15 orang (55,5%) dari total 27 peserta. Sesudah pelatihan, jumlah guru yang menjawab skala 4 dan 5 meningkat menjadi 18 orang (66,6%). Peningkatan ini menunjukkan bahwa penggunaan kit robot sederhana yang mudah dibongkar-pasang telah efektif mengatasi kekhawatiran awal guru mengenai kompleksitas perakitan perangkat robotika yang umum di pasaran.

2. Kepercayaan Diri dalam Pemahaman Sensor dan Robotika

Pemahaman guru mengenai cara kerja sensor (IR sensor dan ultrasonic sensor) juga mengalami peningkatan signifikan. Sebelum Pelatihan, sebanyak 13 guru (48,1%) berada di skala 3 (netral/cukup yakin) dalam pemahaman cara kerja sensor. Sesudah Pelatihan, setelah pelatihan, fokus jawaban bergeser ke skala 4 dan 5, dengan 16 guru (59,3%) menyatakan yakin/sangat yakin (skala 4 dan 5). Pergeseran dari jawaban netral (skala 3) ke arah positif (skala 4 dan 5) ini mencerminkan bahwa sesi pengenalan konsep dan praktik langsung telah berhasil memperkuat pemahaman teknis guru terkait komponen robotika.

3. Kepercayaan Diri dalam Penggunaan *Block Coding*

Data menunjukkan keberhasilan tinggi dari adopsi aplikasi berbasis *block coding* yang dirancang sebagai solusi atas kompleksitas bahasa pemrograman tradisional. Sebelum Pelatihan, guru terbagi antara merasa coding menggunakan *block coding* "tidak terlalu sulit" (skala 3, 37%) hingga "sulit" (skala 2, 25,9%). Sesudah Pelatihan, mayoritas guru, yaitu 21 orang (77,8%), berfokus di skala 3



(mampu membuat program sederhana) dan sisanya bergeser ke skala yang lebih tinggi (4 dan 5), menunjukkan bahwa hambatan bahasa pemrograman yang kompleks telah teratasi dengan metode visual ini.

4. Kepercayaan Diri dalam Integrasi Kurikulum

Peningkatan terpenting terletak pada kesiapan guru untuk mengintegrasikan robotika dan pemrograman ke dalam pembelajaran IPA. Sebelum pelatihan, hanya 9 guru (33,3%) yang menyatakan setuju/sangat setuju (skala 4 dan 5) bahwa mereka memahami cara mengaitkan aktivitas robotik dengan kompetensi IPA di kurikulum. Sesudah Pelatihan, jumlah guru yang menyatakan setuju/sangat setuju (skala 4 dan 5) bahwa mereka siap mengintegrasikan kegiatan robotik dalam pembelajaran IPA meningkat menjadi 10 orang (37%). Selain itu, 17 guru (63%) berada di skala 3 (cukup siap), yang menandakan tidak ada lagi guru yang berada di skala 1 atau 2 (sangat tidak siap/tidak siap).

Peningkatan ini mencerminkan bahwa kegiatan pelatihan tidak hanya meningkatkan pemahaman peserta secara kognitif, tetapi juga berhasil membangun penerimaan, keyakinan, dan kesiapan peserta untuk mengimplementasikan hasil pelatihan dalam praktik pembelajaran IPA di sekolah. Temuan ini sejalan dengan tujuan kegiatan pengabdian untuk meningkatkan sikap guru dalam mengimplmentasi pembelajaran koding dan kecerdasan buatan.

Pergeseran kolektif menuju peningkatan pada skor *post-test* mengkonfirmasi bahwa pelatihan telah efektif dalam membangun kepercayaan diri guru terhadap subjek baru. Kepercayaan diri guru dalam kemampuan pedagogis dan teknisnya adalah hal yang krusial. Peningkatan kepercayaan diri ini akan memotivasi guru untuk mengambil risiko instruksional, mencoba metodologi baru, dan bertahan menghadapi tantangan implementasi kurikulum yang menuntut (Möbius et al., 2022; Urhahne & Wijnia, 2023).

Penelitian yang dilakukan sebelumnya juga menekankan pentingnya meningkatkan kepercayaan diri guru ketika mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran (Wang & Zhao, 2021), mengingat guru cenderung menjumpai banyak



tantangan saat berinteraksi dengan teknologi baru (Bingimlas, 2009). Dengan merasa percaya diri, guru lebih mungkin untuk aktif mengintegrasikan logika komputasi dan pemrograman artifisial ke dalam konsep sains. Meningkatkan kepercayaan diri guru menjadi hal krusial dalam upaya meningkatkan kualitas pembelajaran (Chai, 2010; Jones & Park, 2023), khususnya dalam pembelajaran yang melibatkan pemrograman dan robotika yang cenderung asing bagi guru IPA di Indonesia (Barid et al., 2025; Ga et al., 2024).

Pengabdian ini telah membantu guru dalam mengatasi hal tersebut dengan penggunaan *block-based coding* yang cenderung lebih sederhana dan intuitif, tanpa memerlukan pengalaman pemrograman sebelumnya (Arslan & Isbulan, 2021). Dengan menggunakan blok visual yang tinggal diseret dan disusun (*drag-and-drop*) untuk membangun logika program, guru dapat lebih fokus pada pemahaman konsep komputasi dan keterkaitannya dengan prinsip-prinsip sains, tanpa terbebani oleh kerumitan sintaks pemrograman (Yuan et al., 2025). Pendekatan ini memungkinkan guru untuk lebih cepat memahami dasar-dasar coding dan kecerdasan artifisial, sekaligus secara bertahap membangun kepercayaan diri mereka untuk menerapkan konsep-konsep tersebut dalam pembelajaran sains di kelas (Zhou et al., 2020).

SIMPULAN

Pelatihan pengabdian kepada masyarakat ini berhasil meningkatkan secara kolektif kepercayaan diri 27 guru MGMP IPA dalam mengimplementasikan pembelajaran coding dan kecerdasan artifisial (AI) melalui robotika sederhana dan aplikasi *block-based coding*. Kegiatan ini menjawab tantangan kurikulum baru terkait integrasi logika komputasi dengan konsep sains di SMP. Hasil pengukuran dampak pelatihan menunjukkan pergeseran positif yang signifikan pada sikap guru, khususnya dalam kemampuan menggunakan dan memahami kit robotika, mengoperasikan pemrograman *block-based coding*, serta kesiapan untuk mengintegrasikan kegiatan robotika tersebut ke dalam pembelajaran IPA di kelas.



UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Lambung Mangkurat atas pendanaan yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arslan, E., & İşbulan, O. (2021). The effect of individual and group learning on block-based programming self-efficacy and robotic programming attitudes of secondary school students. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 9(1), 108–121. <https://doi.org/10.17220/mojet.2021.9.1.249>
- Barid, S. S. A. Q., Gunawan, A. S., & Nur, S. (2025). Persepsi dan tantangan pembelajaran koding dalam mata pelajaran IPA sebagai penguatan keterampilan abad-21. *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 5(4), 1141–1152. <https://doi.org/10.36312/panthera.v5i4.678>
- Bingimlas, K. A. (2009). Barriers to the successful integration of ICT in teaching and learning environments: A review of the literature. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 5(3), 235–245. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75275>
- Bryman, A., & Bell, E. (2013). *Social research methods* (3rd ed.). Oxford University Press.
- Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan. (2025). *Naskah akademik pembelajaran mendalam menuju pendidikan bermutu untuk semua*. Pusat Kurikulum dan Pembelajaran, Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia.
- Canbeldek, M., & Işıkoğlu, N. (2023). Exploring the effects of “Productive Children: Coding and Robotics Education Program” in early childhood education. *Education and Information Technologies*, 28(3), 3359–3379. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11315-x>
- Chai, C. S. (2010). Teachers’ epistemic beliefs and their pedagogical beliefs: A qualitative case study among singaporean teachers in the context of ict-supported reforms. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(4), 128–139. Chai, C. S. (2010). Teachers’ epistemic beliefs and their pedagogical beliefs: A qualitative case study among Singaporean teachers in the context of ICT-supported reforms. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(4), 128–139.
- Choi, W. C., & Choi, I. C. (2024). Exploring the impact of Code.org’s block-based coding curriculum on student motivation in K–12 education. In *2024 12th*



International Conference on Information and Education Technology (ICIET 2024) (pp. 93–97). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ICIET60671.2024.10542810>

Fernández, G. P., & Cossio-Mercado, C. (2024). AelE: A versatile tool for teaching programming and robotics using Arduino. In *2024 50th Latin American Computing Conference (CLEI 2024)* (pp. 1–10). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/CLEI64178.2024.10700288>

Ga, S.-H., Park, C., Cha, H.-J., & Kim, C.-J. (2024). Science teachers' technical difficulties in using physical computing and the Internet of Things into school science inquiry. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 1849–1858. <https://doi.org/10.1109/TLT.2024.3406964>

Jones, M. G., & Park, S. (2023). Science teacher attitudes and beliefs: Reforming practice. In N. G. Lederman, D. L. Zeidler, & J. S. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education: Volume III* (pp. 1101–1122). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780367855758-40>

Lotriet, H. H., & Gouws, P. M. (2026). Educational robotics in physics education: A systematic review. *Studies in Science Education*, 62(1), 107–136. <https://doi.org/10.1080/03057267.2025.2455334>

Marín-Marín, J.-A., García-Tudela, P. A., & Duo-Terrón, P. (2024). Computational thinking and programming with Arduino in education: A systematic review for secondary education. *Heliyon*, 10(8), e29177. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29177>

Möbius, M. M., Niederle, M., Niehaus, P., & Rosenblat, T. S. (2022). Managing self-confidence: Theory and experimental evidence. *Management Science*, 68(11), 7793–7817. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2021.4294>

Saini, S., & Kaur, M. (2022). *Arduino solutions handbook: Design interesting DIY projects using Arduino Uno, C and C++*. BPB Publications.

Urhahne, D., & Wijnia, L. (2023). Theories of motivation in education: An integrative framework. *Educational Psychology Review*, 35(2), Article 45. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09767-9>

Wang, Q., & Zhao, G. (2021). ICT self-efficacy mediates most effects of university ICT support on preservice teachers' TPACK: Evidence from three normal universities in China. *British Journal of Educational Technology*, 52(6), 2319–2339. <https://doi.org/10.1111/bjet.13141>

You, H. S., & Kapila, V. (2017). Effectiveness of professional development: Integration of educational robotics into science and math curricula. In *2017 ASEE Annual Conference & Exposition*. ASEE Conferences. <https://doi.org/10.18260/1-2--28207>



- Yuan, J., Brigandi, C. B., Rambo-Hernandez, K. E., & Manley, C. L. (2025). Innovative ongoing support within a multifaceted computational thinking professional learning program improves teachers' self-efficacy and classroom practices. *Computers & Education*, 225, Article 105174. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105174>
- Zhou, N., Nguyen, H., Fischer, C., Richardson, D. J., & Warschauer, M. (2020). High school teachers' self-efficacy in teaching computer science. *ACM Transactions on Computing Education*, 20(3), 1–18. <https://doi.org/10.1145/3410631>

