

Pengenalan dan Pelatihan Sistem Sensor dan Buzzer Berbasis Arduino sebagai Media Pembelajaran Interaktif

Riskawati ^{1*}, Nurhasmi ², Asnaeni Ansar ³, Hendra Baharuddin ⁴

^{1, 2, 3} Universitas Negeri Makassar,

⁴ Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

* riskawati@unm.ac.id,

Abstrak

Kegiatan “Pengenalan dan Pelatihan Sistem Sensor dan Buzzer Berbasis Arduino sebagai Media Pembelajaran Interaktif” dilaksanakan di Universitas Negeri Makassar sebagai upaya meningkatkan pemahaman dan keterampilan mahasiswa calon guru dalam mengintegrasikan teknologi digital ke dalam pembelajaran sains. Pembelajaran dengan penerapan media berbasis Arduino dan Tinkercad merupakan bentuk inovasi dari prinsip pembelajaran abad ke-21 dan sejalan dengan konsep Project-Based Learning yang menekankan pembelajaran aktif, kolaboratif, dan kontekstual. Mahasiswa calon guru dituntut untuk mampu memanfaatkan teknologi digital dalam proses pembelajaran agar tercipta pengalaman belajar yang interaktif, efisien, dan bermakna. Metode pelaksanaan kegiatan dikemas dalam bentuk pelatihan dan praktik langsung (workshop) selama satu hari dengan peserta sebanyak 25 orang. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan kemampuan peserta dalam memahami konsep dasar sensor dan buzzer, keterampilan dalam merancang serta memodifikasi simulasi rangkaian menggunakan Tinkercad, serta meningkatnya motivasi untuk menggunakan media berbasis teknologi dalam pembelajaran sains.

Keywords: Sistem Sensor dan Buzzer, Arduino, Media Pembelajaran, Interaktif, Tinkercad

Pendahuluan

Revolusi Industri 4.0 membawa perubahan besar dalam dunia pendidikan, terutama terkait tuntutan kompetensi guru abad ke-21 (Gudmundsdottir & Hatlevik, 2020; Ilhami et al., 2021). Perkembangan teknologi digital, kecerdasan buatan, Internet of Things, dan otomatisasi menuntut institusi pendidikan untuk beradaptasi dengan cepat. Guru tidak lagi cukup mengandalkan metode konvensional, tetapi harus mampu menjadi fasilitator yang merancang pembelajaran inovatif serta relevan dengan perkembangan teknologi (Zulham & Samdani, 2025). Kompetensi abad ke-21 seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, komunikasi, dan literasi digital menjadi kemampuan utama yang harus dimiliki calon guru untuk menghadapi ekosistem pendidikan modern.

Pada konteks pendidikan sains dan teknologi, tuntutan ini semakin besar karena guru tidak hanya perlu memahami konsep teoretis, tetapi juga menguasai keterampilan teknis dan integrasi teknologi dalam pembelajaran, termasuk dalam penggunaan media elektronik dan perangkat mikrokontroler seperti Arduino (Tselegkaridis & Satratzemi, 2024). Lingkungan pendidikan teknologi menuntut guru untuk mampu memanfaatkan media digital, perangkat berbasis mikrokontroler, serta simulasi elektronik sebagai sarana meningkatkan keterlibatan dan pemahaman peserta didik (Mukarramah & Hajrah, 2024). Kesiapan digital guru merupakan kunci utama keberhasilan transformasi

pembelajaran berbasis teknologi, karena kompetensi digital memengaruhi kemampuan guru dalam merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi pembelajaran berbasis teknologi (Ilhami et al., 2021).

Keterampilan ini menjadi penting tidak hanya dalam perencanaan pembelajaran, tetapi juga dalam pelaksanaan kegiatan praktikum, demonstrasi, serta pembuatan media pembelajaran digital yang interaktif dan kontekstual (Maladisma et al., 2024). Salah satu pendekatan inovatif untuk menjawab kebutuhan tersebut adalah pemanfaatan perangkat Arduino yang dikombinasikan dengan simulasi virtual Tinkercad. Arduino terbukti efektif meningkatkan keterampilan teknis, pemecahan masalah, dan kemampuan berpikir komputasional peserta didik dalam pembelajaran STEM (Sarı et al., 2022; Dat et al., 2025). Sementara, *Tinkercad* menyediakan lingkungan virtual yang memungkinkan mahasiswa calon guru merancang, memprogram, dan mensimulasikan rangkaian elektronik secara interaktif tanpa memerlukan laboratorium fisik. Studi mutakhir menunjukkan bahwa penggunaan *Tinkercad* dapat meningkatkan pemahaman rangkaian, keterampilan analitis, dan hasil belajar pada mata kuliah elektronika (Asbendri et al., 2024).

Sehingga, integrasi *Arduino-Tinkercad* menjadi solusi efektif bagi perguruan tinggi kependidikan yang menghadapi keterbatasan fasilitas laboratorium, sekaligus membuka ruang eksplorasi yang lebih luas bagi mahasiswa dalam memahami sensor, aktuator, dan pemrograman mikrokontroler secara mendalam. Berbagai Studi menunjukkan bahwa integrasi Arduino dan *Tinkercad* berkontribusi signifikan dalam pengembangan kompetensi digital dan keterampilan praktis mahasiswa. Penggunaan Tinkercad sebagai media simulasi terbukti mampu meningkatkan pemahaman konsep rangkaian elektronik, keterampilan analitis, serta performa belajar melalui visualisasi digital yang mudah diakses (Asbendri et al., 2024).

Selain itu, pembelajaran berbasis Arduino dapat meningkatkan keterlibatan aktif, kreativitas, dan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa melalui aktivitas praktis seperti merancang sistem keamanan, sensor lingkungan, dan proyek otomatisasi sederhana (Sarı et al., 2022; Dat et al., 2025). Temuan tersebut diperkuat oleh Studi yang menunjukkan bahwa mikrokontroler berbiaya rendah secara signifikan meningkatkan kemampuan pemecahan masalah dalam konteks *physical computing* (Nguyen et al., 2021). Pada sisi pedagogis, literatur menunjukkan bahwa penggunaan mikrokontroler dan aktivitas *making* sangat mendukung pembelajaran berbasis desain dan praktik rekayasa, yang menjadi inti pendekatan STEM (Peppler et al., 2022; Li et al., 2023).

Lebih jauh, pengembangan *computational thinking* sebagai kompetensi kunci abad ke-21 juga diperkuat melalui aktivitas pemrograman Arduino dan eksplorasi logika elektronik, sebagaimana dikemukakan oleh (Grover & Pea, 2021). Dalam konteks pendidikan guru, kompetensi digital yang terbangun melalui pengalaman ini sangat penting karena calon guru di era digital dituntut memiliki literasi teknologi yang matang untuk dapat merancang pembelajaran inovatif (Mouza et al., 2020). Secara keseluruhan, temuan-temuan tersebut mengindikasikan bahwa kombinasi platform simulasi digital dan perangkat mikrokontroler memberikan pengalaman belajar yang kaya, autentik, dan efektif dalam meningkatkan literasi teknologi mahasiswa calon guru. Lebih lanjut, pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) yang memanfaatkan Tinkercad dan Arduino terbukti efektif dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21, termasuk berpikir kritis, kolaborasi, dan kreativitas dalam konteks pendidikan STEM.

Studi lain menegaskan bahwa pendekatan berbasis proyek dapat meningkatkan kemampuan analitis dan kompetensi digital mahasiswa secara signifikan (Luo et al.,

2022). Hasil serupa ditemukan oleh peneliti lain yang menunjukkan bahwa proyek berbasis Arduino dalam pembelajaran *blended* mampu meningkatkan kemampuan kolaboratif dan pemecahan masalah peserta secara bermakna (Oh, 2025). Ketika mahasiswa ditugaskan untuk merancang dan memprogram sistem elektronik, mereka dituntut untuk mengidentifikasi masalah, mencari solusi kreatif, dan menguji rancangan secara mandiri maupun kolaboratif sejalan dengan tujuan pengembangan kompetensi profesional calon guru di era digital. Namun, upaya integrasi teknologi dalam pendidikan tidak lepas dari berbagai tantangan.

Salah satu tantangan utama adalah keterbatasan fasilitas laboratorium di banyak perguruan tinggi kependidikan, sehingga mahasiswa kurang memperoleh pengalaman praktis dalam merancang dan menganalisis rangkaian elektronika. Kondisi ini berpotensi menurunkan pemahaman mereka terhadap konsep sensor, aktuator, dan sistem elektronik dasar yang penting dalam pembelajaran sains terapan. Tantangan serupa juga disoroti dalam Studi yang menunjukkan bahwa tidak meratanya akses laboratorium fisik dapat menghambat penguasaan keterampilan STEM mahasiswa (Asbendri et al., 2024). Selain itu, kesenjangan kompetensi digital antara mahasiswa dan dosen masih menjadi persoalan yang harus diatasi, mengingat pembelajaran berbasis teknologi menuntut literasi digital yang memadai baik dari sisi pedagogis maupun teknis (Ilhami et al., 2021). Melihat berbagai persoalan tersebut, penggunaan Tinkercad dan Arduino sebagai media pembelajaran berbasis simulasi menjadi solusi strategis untuk memperkuat kompetensi mahasiswa calon guru.

Tinkercad memungkinkan simulasi rangkaian elektronik secara virtual sehingga dapat menggantikan laboratorium fisik, sementara Arduino menyediakan pengalaman praktik langsung yang mendukung pemahaman sensor dan aktuator berbasis mikrokontroler. Studi menunjukkan bahwa penggunaan Tinkercad mampu meningkatkan performa dan pemahaman konsep elektronika mahasiswa melalui pengalaman belajar yang fleksibel dan mudah diakses (Asbendri et al., 2024). Demikian pula, pelatihan berbasis proyek menggunakan Arduino terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan pemrograman, pemecahan masalah, dan literasi teknologi mahasiswa (Sari et al., 2022; Dat et al., 2025). Dengan demikian, integrasi Tinkercad dan Arduino tidak hanya menjadi alternatif pengganti fasilitas laboratorium fisik, tetapi juga menjadi strategi pedagogis yang relevan untuk mempersiapkan calon guru yang adaptif dan inovatif dalam menjawab tuntutan pendidikan pada era Revolusi Industri 4.0.

Metode

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan dalam bentuk pelatihan dan praktik langsung (*workshop*) selama satu hari di Universitas Negeri Makassar. Pendekatan *blended learning* digunakan untuk mengombinasikan pembelajaran daring melalui simulasi Tinkercad dan pembelajaran luring berbasis praktik menggunakan perangkat Arduino. Model *blended learning* terbukti mampu meningkatkan keterlibatan belajar, kompetensi digital, serta kemampuan berpikir kritis dan kolaboratif mahasiswa pada pendidikan tinggi (Nortvig et al., 2020). Tahap pertama kegiatan adalah persiapan, yang meliputi koordinasi antara tim pengabdian, pihak fakultas, dan dosen pengampu mata kuliah Pendidikan Elektronika.

Pada tahap ini juga disusun modul pelatihan berjudul “Pengenal Sensor dan Buzzer Berbasis Arduino dengan Tinkercad” dengan mengacu pada prinsip pembelajaran berbasis proyek, karena pendekatan ini efektif dalam meningkatkan kemampuan analisis

dan pemecahan masalah mahasiswa pada konteks pembelajaran STEM (Luo et al., 2022). Selain itu, dilakukan instalasi perangkat lunak Arduino IDE serta pembuatan akun Tinkercad bagi seluruh peserta untuk memastikan kesiapan teknis sebelum pelaksanaan kegiatan, mengingat simulasi digital terbukti dapat meningkatkan pemahaman konsep dan kepercayaan diri mahasiswa dalam praktik elektronika (Eryilmaz & Deniz, 2021; Asbendri et al., 2024).

Tahap kedua adalah pelaksanaan pelatihan, yang disusun dalam empat sesi utama. Sesi 1 mencakup pengantar teori mengenai fungsi dasar mikrokontroler Arduino serta pengenalan sensor PIR dan aktuator buzzer berbasis input digital. Sesi 2 berfokus pada praktik simulasi rangkaian *sensor-buzzer* menggunakan Tinkercad, di mana peserta merancang dan menguji prototipe sistem digital sederhana melalui simulasi virtual. Sesi 3 menekankan pada pembuatan dan modifikasi kode melalui Arduino IDE, termasuk implementasi logika pemrograman dasar seperti struktur *if-else*, *looping*, serta pengendalian *input-output*.

Sesi 4 merupakan sesi refleksi dan diskusi mengenai potensi penerapan sistem Arduino-Tinkercad dalam pembelajaran sains di sekolah menengah. Model pelatihan berbasis proyek ini sejalan dengan yang menunjukkan bahwa kegiatan praktikum Arduino mampu meningkatkan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan kemampuan STEM peserta didik, serta diperkuat oleh temuan yang melaporkan peningkatan computational thinking melalui proyek robotika berbasis Arduino (Sari et al., 2022; Dat et al., 2025). Pelatihan ini diikuti oleh 25 mahasiswa calon guru selama delapan jam (08.00–16.00 WITA), dengan penerapan pendekatan kolaboratif agar peserta dapat berdiskusi dan saling membantu dalam menyelesaikan proyek mini, sejalan dengan prinsip collaborative inquiry learning yang ditekankan oleh (Marín-Marín et al., 2024).

Tahap ketiga adalah evaluasi kegiatan, yang dilakukan melalui pretest–posttest sederhana untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta terkait konsep dasar sistem Arduino dan sensorik. Selain itu, dilakukan observasi performa peserta selama praktik untuk menilai keterampilan psikomotorik dan afektif, termasuk kemampuan merakit rangkaian, menulis kode, serta bekerja sama dalam kelompok. Pendekatan evaluasi berbasis kompetensi seperti ini sejalan dengan Studi yang membuktikan bahwa penggunaan simulasi Tinkercad efektif untuk mengukur peningkatan penguasaan konsep dan keterampilan teknis pada mata pelajaran elektronika Asbendri et al. (2024).

Tahap keempat adalah tindak lanjut berupa pendampingan lanjutan dan integrasi hasil pelatihan ke dalam Rencana Pembelajaran Semester (RPS) pada mata kuliah Media Pembelajaran Sains. Dengan demikian, mahasiswa tidak hanya memperoleh keterampilan teknis, tetapi juga mampu menerapkan pengetahuan tersebut dalam konteks pembelajaran nyata di kelas. Strategi tindak lanjut ini didukung oleh Oh (2025), yang menegaskan bahwa integrasi perangkat berbasis Arduino dalam pembelajaran memberikan dampak positif terhadap keberlanjutan inovasi pembelajaran STEM dan meningkatkan kolaborasi serta problem-solving peserta (Oh, 2025).

Hasil

Pelatihan ini diselenggarakan di Universitas Negeri Makassar dan berlangsung dengan lancar serta mendapat antusiasme tinggi dari seluruh peserta. Berdasarkan hasil evaluasi yang mencakup aspek kognitif, psikomotorik, dan afektif, diketahui bahwa kegiatan ini secara signifikan meningkatkan pemahaman dan keterampilan mahasiswa calon guru dalam menerapkan sistem elektronik berbasis Arduino dan Tinkercad. Peserta

menunjukkan peningkatan kemampuan dalam memahami konsep dasar mikrokontroler, merancang simulasi rangkaian elektronik, serta memodifikasi kode program sesuai kebutuhan pembelajaran. Kegiatan ini membuktikan bahwa pelatihan berbasis proyek efektif dalam mengembangkan kompetensi teknologis dan pedagogis calon guru, khususnya dalam penerapan media pembelajaran berbasis teknologi di era digital. Berikut adalah Tabel 1 ringkasan hasil pelatihan berbasis Arduino-Tinkercad.

Tabel 1. Hasil Pelatihan Berbasis Arduino–Tinkercad dalam Pembelajaran Proyek STEM

Aspek	Indikator / Fokus Pengukuran	Hasil Capaian Utama	Interpretasi & Dukungan Literatur
Kognitif	Pemahaman konsep sensor, buzzer, dan logika program Arduino	92% peserta mampu menjelaskan fungsi sensor PIR & buzzer serta memahami alur kerja program Arduino.	Aktivitas <i>project-based STEM</i> berbasis Arduino terbukti meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan analitis (Sari et al., 2022). Simulasi Tinkercad membantu visualisasi rangkaian sehingga memperkuat pemahaman teknis (Asbendri et al., 2024).
Psikomotorik	Keterampilan teknis dalam pemrograman & perakitan simulasi	85% peserta berhasil membuat simulasi sistem sensor–buzzer dan memodifikasi kode Arduino secara mandiri.	Pembelajaran robotika/Arduino meningkatkan <i>computational thinking</i> dan keterampilan pemrograman dasar (Dat et al., 2025).
Afektif	Motivasi, rasa ingin tahu, dan sikap terhadap teknologi	Peserta menunjukkan antusiasme tinggi ; 95% merasa Tinkercad mempermudah pemahaman konsep elektronika.	Pembelajaran berbasis perangkat Arduino dalam lingkungan <i>blended</i> meningkatkan motivasi, rasa percaya diri, dan kolaborasi (Oh, 2025).
Integrasi PBL & Kurikulum	Relevansi pendekatan dengan Kurikulum Merdeka	Pelatihan mencerminkan prinsip <i>active learning</i> dan <i>contextual learning</i> .	PBL berbasis teknologi meningkatkan problem-solving dan kompetensi digital peserta (Luo et al., 2022).
Kompetensi Abad 21 (4C)	Critical thinking, creativity, collaboration, communication	Peserta menunjukkan kemampuan berpikir kritis & kolaboratif dalam menyelesaikan proyek mini.	Penerapan mikrokontroler dalam pendidikan meningkatkan kreativitas dan kesiapan teknologi pendidik (Marín-Marín et al., 2024).
Implikasi Akademik & Praktis	Dampak terhadap kurikulum & kompetensi guru	Pelatihan berpotensi menjadi model pengembangan mata kuliah “Media Pembelajaran Sains” dan “Pendidikan Elektronika.”	Integrasi Arduino–simulasi digital memperkuat literasi teknologi dan kesiapan pedagogis calon guru (Marín-Marín et al., 2024).

Pelatihan berbasis Arduino–Tinkercad berhasil meningkatkan seluruh aspek kompetensi mahasiswa calon guru fisika, baik dari sisi kognitif (92%), psikomotorik (85%), maupun afektif (95%). Selain itu, kegiatan ini mendukung pengembangan kompetensi 4C dan penerapan *Project-Based Learning* yang selaras dengan paradigma Kurikulum Merdeka. Secara praktis, hasil kegiatan memiliki dampak berkelanjutan bagi pengembangan mata kuliah berbasis teknologi digital dan peningkatan kompetensi TPACK calon guru. Berikut adalah Gambar 1, dokumentasi pelatihan Pengenalan Sensor dan Buzzer Berbasis Arduino dengan Tinkercad.



Gambar 1. Pelatihan Pengenalan Sensor dan Buzzer Berbasis Arduino dengan Tinkercad

Gambar 1 menunjukkan suasana pelatihan Pengenalan Sensor dan Buzzer berbasis Arduino dengan Tinkercad yang diikuti oleh mahasiswa calon guru fisika dalam setting kelas yang kolaboratif dan interaktif. Para peserta bekerja dalam kelompok kecil dengan menggunakan laptop maupun perangkat seluler untuk mensimulasikan rangkaian elektronik, sementara pendamping memberikan arahan langsung kepada beberapa kelompok untuk membantu proses perancangan dan pemrograman. Aktivitas diskusi, kerja sama, dan praktik digital yang tampak pada gambar tersebut mencerminkan penerapan model *Project-Based Learning* serta penguatan kompetensi abad ke-21, khususnya kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas. Secara keseluruhan, dokumentasi ini menggambarkan suasana belajar yang aktif dan kondusif dalam upaya meningkatkan literasi teknologi dan keterampilan praktis mahasiswa melalui integrasi platform digital dalam pembelajaran.

Pembahasan

Pada aspek kognitif, sebanyak 92% peserta mampu menjelaskan fungsi sensor PIR dan buzzer serta memahami alur kerja program Arduino yang digunakan dalam simulasi. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis proyek efektif dalam memperkuat pemahaman konsep sensorik digital dan prinsip kerja mikrokontroler, sebagaimana dibuktikan oleh temuan bahwa aktivitas STEM berbasis Arduino dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik (Sari et al., 2022). Pembelajaran berbasis simulasi seperti Tinkercad juga mempercepat proses penghubungan antara teori dan praktik, di mana simulasi rangkaian elektronik virtual terbukti meningkatkan hasil belajar dan pemahaman teknis mahasiswa dalam mata kuliah elektronika (Asbendri et al., 2024).

Temuan ini diperkuat oleh Studi lain yang menunjukkan bahwa kursus robotika berbasis Arduino dapat meningkatkan keterampilan berpikir komputasional dan transfer pengetahuan mahasiswa dalam konteks STEM (Dat et al., 2025). Pada aspek psikomotorik, 85% peserta berhasil membuat simulasi sistem sensor dan buzzer yang berfungsi sesuai logika program, termasuk memodifikasi parameter kode untuk menyesuaikan kebutuhan tugas. Keberhasilan ini menunjukkan meningkatnya kemampuan peserta dalam menerapkan logika pemrograman serta keterampilan teknis mikrokontroler, sejalan dengan temuan bahwa pemrograman Arduino dalam pendidikan sains mampu memperkuat keterampilan praktik dan literasi teknologi mahasiswa (Marín-Marín et al., 2024).

Selain itu, desain pembelajaran berbasis proyek dengan mikrokontroler juga terbukti meningkatkan kemampuan kolaborasi dan keterampilan teknis dalam lingkungan *blended learning* (Oh, 2025). Pada aspek afektif, peserta menunjukkan motivasi yang tinggi dan antusiasme dalam menerapkan teknologi digital sebagai media pembelajaran. Mereka menilai bahwa Tinkercad merupakan platform yang mudah digunakan serta membantu memvisualisasikan konsep elektronika yang sebelumnya dianggap abstrak. Hal ini sesuai dengan temuan bahwa laboratorium virtual elektronik mampu meningkatkan minat, rasa percaya diri, dan motivasi belajar mahasiswa terhadap teknologi digital (Idris et al., 2023). Selain itu, penggunaan Arduino dalam pembelajaran STEM juga diketahui dapat meningkatkan keterlibatan emosional dan kolaborasi peserta, sehingga memberikan dampak positif terhadap sikap belajar mereka (Oh, 2025).

Selain peningkatan kompetensi kognitif, psikomotorik, dan afektif, kegiatan pelatihan ini juga memberikan pengalaman autentik dalam mengintegrasikan pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning, PBL*) dengan teknologi digital, yang sejalan dengan paradigma Kurikulum Merdeka yang mendorong pembelajaran aktif, kontekstual, dan berpusat pada peserta didik (Irfandi, 2024; Kovtoniuk & Petrovych, 2024). Melalui pendekatan ini, peserta tidak hanya menguasai keterampilan teknis tetapi juga mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kolaboratif, dan reflektif yang menjadi pilar utama dalam pendidikan abad ke-21. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa integrasi Arduino dan Tinkercad dalam kegiatan berbasis proyek mampu meningkatkan kemampuan konseptual, keterampilan teknis, serta sikap positif mahasiswa calon guru terhadap pembelajaran digital. Temuan ini sejalan dengan Studi yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek menggunakan Arduino dapat secara signifikan meningkatkan kemampuan berpikir komputasional dan literasi teknologi peserta didik (Dat et al., 2025). Melalui kegiatan ini, peserta terlibat dalam pengembangan produk nyata berupa sistem sensor dan buzzer berbasis mikrokontroler, yang turut memperkuat pemahaman konsep elektronika serta relevansinya dalam pembelajaran sains di sekolah.

Pada perspektif kompetensi abad ke-21, pelatihan ini berkontribusi terhadap penguatan keterampilan 4C antara lain *critical thinking, creativity, collaboration*, dan *communication*. Proses simulasi dan pemrograman melalui Tinkercad menuntut peserta untuk berpikir kritis dalam menganalisis rangkaian, kreatif dalam merancang solusi, serta kolaboratif dalam menyelesaikan tugas berbasis proyek. Hal ini sejalan dengan Studi yang menemukan bahwa visualisasi digital dan simulasi elektronik dapat meningkatkan kemampuan pemecahan masalah, kolaborasi, dan keterlibatan peserta melalui pembelajaran berbasis proyek (Oh, 2025; Sari et al., 2022). Penggunaan Tinkercad sebagai laboratorium virtual juga terbukti efektif dalam meningkatkan performa dan pemahaman praktis mahasiswa pada materi elektronika (Asbendri et al., 2024). Selain itu, penerapan pembelajaran kontekstual berbasis proyek sebagaimana dianjurkan dalam Kurikulum Merdeka dapat meningkatkan kreativitas dan kemandirian belajar mahasiswa calon guru, terutama ketika dikombinasikan dengan pendekatan teknologi pendidikan (Luo et al., 2022; Marín-Marín et al., 2024).

Efektivitas pembelajaran berbasis proyek dalam mendorong kreativitas dan pemecahan masalah juga ditegaskan yang melaporkan bahwa aktivitas berbasis desain nyata meningkatkan *agency* dan *self-directed learning* pada peserta didik (OECD, 2022). Sejalan dengan itu, ditekankan bahwa integrasi teknologi digital dalam pembelajaran perlu diarahkan untuk memperkuat kompetensi abad ke-21 seperti kreativitas, kolaborasi, dan literasi teknologi (UNESCO, 2021). Temuan ini diperkuat yang menemukan bahwa pembelajaran berbasis konteks dan proyek secara signifikan

meningkatkan motivasi intrinsik dan kreativitas mahasiswa dalam lingkungan pendidikan tinggi (Lee & Kim, 2023). Selain itu, meta-analisis menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam PjBL secara konsisten berpengaruh positif terhadap kemampuan berpikir tingkat tinggi (Yan et al, 2021). Dengan demikian, pelatihan ini bukan hanya membangun keterampilan teknis melalui penggunaan perangkat Arduino, tetapi juga mengembangkan kompetensi transversal yang penting dalam menghadapi tantangan pendidikan abad ke-21. Implikasi dari hasil kegiatan ini mencakup dua aspek utama. Secara akademik, pelatihan ini berkontribusi pada peningkatan literasi teknologi dan pemahaman konseptual calon guru melalui pengalaman belajar langsung (*hands-on learning*), yang sangat penting dalam membangun kompetensi pemrograman dan elektronika berbasis mikrokontroler (Marín-Marín et al., 2024; Chen et al., 2020).

Pendekatan ini juga sesuai dengan kerangka TPACK yang menegaskan pentingnya integrasi teknologi, pedagogi, dan konten dalam pendidikan guru modern (Mishra & Koehler, 2006). Secara praktis, hasil pelatihan dapat dijadikan model dalam pengembangan mata kuliah seperti Media Pembelajaran Sains dan Pendidikan Elektronika agar lebih relevan dengan tuntutan era digital, terutama karena penggunaan simulasi Tinkercad terbukti meningkatkan performa belajar dan pemahaman rangkaian elektronik mahasiswa (Asbendri et al., 2024). Lebih dari itu, Studi sebelumnya menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dalam konteks STEM dapat memperkuat kemampuan berpikir kritis, kreativitas, dan kolaborasi kompetensi inti abad ke-21 sebagaimana dirumuskan dalam berbagai kerangka internasional (Honey et al., 2014; Voogt & Roblin, 2012). Temuan serupa menunjukkan bahwa kegiatan berbasis Arduino mampu meningkatkan keterampilan problem-solving dan computational thinking calon guru, sehingga sangat mendukung efektivitas model pelatihan digital berkelanjutan (Sari et al., 2022; Dat et al., 2025; Vo et al., 2017). Dengan demikian, kegiatan ini berpotensi direkomendasikan sebagai model pengembangan kompetensi digital guru di masa mendatang.

Kesimpulan

Kegiatan “Pengenalan dan Pelatihan Sistem Sensor dan Buzzer Berbasis Arduino sebagai Media Pembelajaran Interaktif” telah dilaksanakan di Universitas Negeri Makassar pada tanggal 10 Oktober 2025. Pelatihan ini merupakan hasil kerja sama antara tim pelaksana pengabdian dengan pihak Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam dan diikuti oleh 25 mahasiswa calon guru dari Program Studi Pendidikan Fisika dan Biologi. Kegiatan ini berlangsung selama satu hari dan berjalan dengan lancar serta mendapat antusiasme tinggi dari peserta. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pemahaman peserta terhadap konsep dasar sensor PIR dan buzzer, peningkatan keterampilan teknis dalam membuat dan memodifikasi rangkaian simulasi menggunakan Tinkercad, serta tumbuhnya motivasi dan sikap positif terhadap pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran sains.

Sebagai tindak lanjut, tim pengabdian merencanakan pelatihan lanjutan serta integrasi hasil kegiatan ke dalam Rencana Pembelajaran Semester mata kuliah Media Pembelajaran Sains agar penggunaan Arduino dan Tinkercad dapat diterapkan secara berkelanjutan dalam pendidikan calon guru. Capaian luaran kegiatan ini meliputi tersusunnya modul pelatihan berbasis Arduino–Tinkercad, peningkatan skor kompetensi kognitif, psikomotorik, dan afektif peserta, tersedianya dokumentasi kegiatan dalam bentuk foto dan video, serta rencana publikasi artikel pengabdian pada jurnal nasional sebagai bentuk diseminasi hasil kegiatan.

Acknowledgment

Daftar Pustaka

- Asbendri, B. L., Anori, S., Dewi, I. P., & Efrizon. (2024). Exploring the impact of Tinkercad-assisted learning on student performance in industrial electronics subject. *Journal of Hypermedia & Technology-Enhanced Learning*, 2(2), 134–148. <https://doi.org/10.58536/j-hytel.158>
- Dat, L. C., Pham, H. T., & Nguyen, N. T. (2025). Effects of a block-based Arduino robotics course on computational thinking skills and STEM career interests. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(6), em2642. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16414>
- Eryilmaz, S., & Deniz, G. (2021). *Effect of Tinkercad-based simulations on pre-service teachers' motivation and confidence in digital electronics*. ERIC EJ1290797.
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K–12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Gudmundsdottir, G. B., & Hatlevik, O. E. (2018). Newly qualified teachers' professional digital competence: Implications for teacher education. *European Journal of Teacher Education*, 41(2), 214–231. <https://doi.org/10.1080/02619768.2017.1416085>
- Ilhami, R., Diniya, A., Susilawati, & Vebrianto, R. (2021). Digital literacy of pre-service science teachers as reflection of readiness toward online learning in the new normal. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(2), 265–277.
- Lee, J., & Kim, H. (2023). Effects of contextualized project-based learning on university students' creativity and intrinsic motivation. *Teaching and Teacher Education*, 125, 104031. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2023.104031>
- Li, Y., Schoen, R., & Potter, S. (2023). Design-based STEM learning: A review of research on engineering design in K–12. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00440-x>
- Luo, W., Yang, H., & Lin, C. (2022). Effects of project-based STEM learning on problem-solving and digital competencies. *Computers & Education*, 185, 104590. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104590>
- Maladisma, N., Suardi, N. F., Fitriana, N., & Mutahharah R, M. R. (2024). Pelatihan dan Pendampingan Pembuatan Video Pembelajaran Interaktif melalui Penggunaan Platform Canva Bagi Guru SDN Sungguminasa V. *Jurnal IPMAS*, 4(3), 169–180. <https://doi.org/10.54065/ipmas.4.3.2024.491>
- Marín-Marín, J. A., Soler-Costa, R., & Suárez-Álvarez, J. (2024). Computational thinking and programming with Arduino in secondary education. *Education and Information Technologies*, 29(2), 1123–1142. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-121429>
- Mouza, C., Yang, H., & Pan, Y. (2020). Pre-service teachers' digital competence: A review and implications for teacher education. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 36(3), 150–164. <https://doi.org/10.1080/21532974.2020.1726114>

- Mukarramah, S. K., & Hajrah, H. (2024). Pengembangan Multimedia Pembelajaran Interaktif pada Mata Kuliah Pneumatik hidrolik. *Jurnal Literasi Digital*, 4(1), 11–20. <https://doi.org/10.54065/jld.4.1.2024.440>
- Nguyen, H., Yang, C., & Huang, R. (2021). Enhancing students' problem-solving skills with physical computing and low-cost microcontrollers. *Computers & Education*, 175, 104343. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104343>
- Nortvig, A. M., Petersen, A. K., & Balle, S. H. (2020). A literature review of the factors influencing e-learning and blended learning success in higher education. *Electronic Journal of e-Learning*, 18(2), 121–135. <https://doi.org/10.34190/EJEL.20.18.2.004>
- OECD. (2022). Education for a changing world: Empowering learners for creativity and agency. *OECD Publishing*. <https://doi.org/10.1787/edc4f0b1-en>
- Oh, S. (2025). Arduino-based fine particulate matter STEM program: Enhancing problem solving and collaboration in blended learning. *Frontiers in Psychology*, 16, 1524777. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1524777>
- Peppler, K., Wohlwend, K., Thompson, N., Tan, P., & Leonard, J. (2022). Making, coding, and makerspaces: A systematic review of K–12 maker education. *Journal of the Learning Sciences*, 31(1), 1–45. <https://doi.org/10.1080/10508406.2021.2008445>
- Sari, M. H., Yücel, A. S., & Kaçar, S. (2022). Effects of STEM-focused Arduino practical activities on students' entrepreneurship skills and STEM attitudes. *Australasian Journal of Educational Technology*, 38(1), 97–114. <https://doi.org/10.14742/ajet.7293>
- Tselegkaridis, S., & Satratzemi, M. (2024). Learning circuits and coding with Arduino board in higher education: GUI versus physical interaction. *Information*, 15(5), 245. <https://doi.org/10.3390/info15050245>
- UNESCO. (2021). Reimagining our futures together: A new social contract for education. *UNESCO Publishing*. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379707>
- Yan, Z., Li, M., & Pan, Q. (2021). A meta-analysis of the effects of project-based learning with digital technologies on students' higher-order thinking skills. *Educational Research Review*, 33, 100390. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2021.100390>
- Zulham, M., & Samdani, L. (2025). Penerapan Model Pembelajaran PAIKEM Berbantuan Media Interaktif Untuk Meningkatkan Pemahaman Kosakata Baku dan Tidak Baku Siswa Kelas V SDN 63 Ponjalae Baru. *Jurnal Dieksis ID*, 5(2), 148–157. <https://doi.org/10.54065/dieksis.5.2.2025.951>