

## IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS (IOT) BERBASIS SENSOR ULTRASONIK UNTUK PENGUATAN PEMBELAJARAN STEM DI SMAN

Nada Syifa Qolbiyah<sup>1</sup>, Istiqomah<sup>2\*</sup>, Khilda Afifah<sup>3</sup>, Adzin Nabil Ihsan<sup>4</sup>,  
Rega Arzula Akbar<sup>5</sup>, Wildan Khalid Wijaya<sup>6</sup>

<sup>1,4,5,6</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Telkom, Indonesia

<sup>2,3</sup>Pusat Unggulan IPTEKS Perguruan Tinggi Intelligent Sensing IoT, Indonesia

[Istiqomah@telkomuniversity.ac.id](mailto:Istiqomah@telkomuniversity.ac.id)

---

### ABSTRAK

**Abstrak:** Transformasi digital pada era Industri 4.0 menuntut peningkatan kualitas sumber daya manusia yang memiliki literasi teknologi, kemampuan berpikir kritis, serta pemahaman aplikatif lintas disiplin sejak jenjang pendidikan menengah. Namun, pembelajaran sains di tingkat SMA masih cenderung bersifat teoritis dan belum terintegrasi secara kontekstual dengan penerapan teknologi. Kondisi tersebut juga ditemukan pada 32 siswa SMAN 1 Dayeuhkolot yang belum memperoleh pengalaman praktik pembelajaran berbasis teknologi. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan mengimplementasikan pembelajaran berbasis STEM melalui pelatihan *Internet of Things* (IoT) menggunakan sensor ultrasonik sebagai media pembelajaran sains, dengan sasaran peningkatan *hardskill* (merakit perangkat IoT, memprogram mikrokontroler, membangun sistem monitoring) maupun *softskill* (berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kerja tim) peserta. Metode pelaksanaan meliputi identifikasi permasalahan, analisis kebutuhan pembelajaran, perancangan modul dan sistem IoT sederhana, pelaksanaan pelatihan melalui pematerian, demonstrasi dan praktik, serta evaluasi menggunakan kuesioner dengan 12 butir pertanyaan yang mencakup tiga aspek penilaian. Hasil evaluasi menunjukkan lebih dari 93% peserta menyatakan bahwa pelatihan membantu mereka memahami konsep dasar sains yang dikaitkan dengan aplikasi nyata teknologi IoT. Temuan ini mengindikasikan bahwa integrasi IoT dalam pembelajaran berpotensi meningkatkan pengalaman belajar yang lebih aplikatif dan kontekstual.

**Kata Kunci:** Pendidikan STEM; *Internet of Things* (IoT); Sensor Ultrasonik; Pembelajaran Sains; Pembelajaran Berbasis Proyek.

**Abstract:** Digital transformation in the industry 4.0 era demands the improvement of human resource quality through technological literacy, critical thinking skills, and interdisciplinary applied understanding starting from secondary education. However, science learning at the senior high school level remains largely theoretical and lacks contextual integration with technological applications. This condition was also identified among 32 students of SMAN 1 Dayeuhkolot, who had not yet experienced technology-based practical learning. This community service program aimed to implement STEM-based learning through Internet of Things (IoT) training using ultrasonic sensors as a science learning medium, targeting the improvement of both hard skills (IoT device assembly, microcontroller programming, and monitoring system development) and softskills (critical thinking, problem-solving, and teamwork). The implementation methods included problem identification, learning needs analysis, module and simple IoT system design, training delivery through lectures–demonstrations–hands-on practice, and evaluation using questionnaire comprising 12 items across three assessment dimensions. The evaluation results showed that more than 93% of participants agreed that the training helped them understand fundamental science concepts linked to real-world IoT applications. These findings indicate that integrating IoT into classroom learning has the potential to enhance more applied and contextual learning experiences.

**Keywords:** STEM Education; *Internet of Things* (IoT); Ultrasonic Sensor; Science Learning; Project-Based Learning.



#### Article History:

Received: 23-02-2026

Revised : 16-03-2026

Accepted: 25-03-2026

Online : 05-06-2026



This is an open access article under the  
CC-BY-SA license

## A. LATAR BELAKANG

Perkembangan Revolusi Industri 4.0 telah membawa dampak signifikan pada seluruh lapisan masyarakat, termasuk sektor pendidikan menengah. Transformasi digital yang ditandai dengan berkembangnya penerapan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan, dan sistem berbasis data menuntut peningkatan kualitas sumber daya manusia yang tidak hanya menguasai konsep dasar sains, tetapi juga memiliki literasi teknologi dan kemampuan berpikir kritis (Putriani & Hudaidah, 2021). Dalam hal ini pendidikan tidak lagi cukup berorientasi pada penguasaan teori semata, melainkan perlu diarahkan pada pengembangan kompetensi untuk menunjang kebutuhan dunia industri dan pendidikan tinggi (Terzieva et al., 2025). Salah satunya pada jenjang sekolah menengah atas (SMA), tantangan utama yang masih dihadapi adalah keterbatasan pembelajaran yang bersifat aplikatif dan kontekstual, khususnya dalam mengenalkan ilmu keteknikan sebagai jembatan antara teori dan praktik. Pembelajaran sains dan matematika umumnya masih disampaikan secara terpisah, sehingga siswa belum sepenuhnya memahami keterkaitan antardisiplin ilmu maupun relevansinya terhadap dunia nyata (Alvendri et al., 2023). Kondisi ini berpotensi menyebabkan kesenjangan kesiapan siswa ketika melanjutkan studi ke bidang teknik di perguruan tinggi atau ketika memasuki dunia kerja yang menuntut pemahaman sistem, teknologi, dan pemecahan masalah berbasis rekayasa.

Permasalahan tersebut juga ditemukan pada siswa SMAN 1 Dayeuhkolot, Kabupaten Bandung, di mana berdasarkan observasi awal dan pelaksanaan kegiatan pengabdian, proses pembelajaran IPA masih didominasi oleh pendekatan teoritis dan belum banyak memanfaatkan alat atau media praktik yang membantu siswa memahami konsep sains secara konkret. Khususnya pada materi gelombang suara, siswa jarang menggunakan tools atau perangkat eksperimen yang dapat memvisualisasikan bagaimana gelombang bekerja dalam kehidupan nyata (Bayu & Anggaryani, 2025). Akibatnya, pemahaman siswa terhadap konsep menjadi kurang mendalam dan cenderung terbatas pada hafalan (Annisa, 2023).

Pemanfaatan sensor ultrasonik berbasis Internet of Things (IoT) dapat menjadi solusi inovatif untuk menjembatani kesenjangan tersebut (Hadi Basiroh & Jalil, 2026). Melalui proyek IoT sederhana, siswa tidak hanya mempelajari konsep gelombang suara secara teoritis, tetapi juga melihat langsung bagaimana prinsip tersebut diterapkan dalam sistem pengukuran jarak, monitoring, atau aplikasi sehari-hari. Integrasi perangkat keras dan perangkat lunak dalam proyek IoT ini memberikan gambaran nyata tentang relevansi sains dalam kehidupan dan dunia industri, sekaligus meningkatkan minat, kreativitas, dan kesiapan siswa menghadapi pendidikan tinggi serta perkembangan teknologi (Alhazmi et al., 2023; Terzieva et al., 2025; Tsipianitis et al., 2025).

Berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk menjawab permasalahan tersebut, salah satunya melalui penerapan pembelajaran *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM). Pendekatan STEM menekankan integrasi lintas disiplin ilmu serta pembelajaran berbasis proyek yang mendorong siswa untuk aktif mengeksplorasi, merancang, dan menguji solusi terhadap permasalahan nyata (Qolbiyah et al., 2025). Sejumlah studi menunjukkan bahwa implementasi STEM mampu meningkatkan pemahaman konseptual, keterampilan berpikir kritis, kreativitas, serta minat siswa terhadap bidang sains dan teknologi, sekaligus mempersiapkan mereka menghadapi tuntutan pendidikan tinggi dan industri berbasis teknologi (Fuadi et al., 2022; Istiqomah et al., 2023, 2024; Khalid et al., 2024; Bybee, 2013).

Sebagai bentuk implementasi pendekatan tersebut, program pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di SMAN, Kabupaten Bandung, melalui kegiatan pelatihan dan praktik pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*) dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) menggunakan sensor ultrasonik. Kegiatan dirancang untuk meningkatkan *hardskill* peserta meliputi kemampuan merakit perangkat IoT, memprogram mikrokontroler, dan membangun sistem monitoring, sekaligus *softskill* seperti berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kerja sama tim. Secara teknis, kegiatan dirancang secara sistematis meliputi tahap pengenalan konsep gelombang suara dan prinsip kerja sensor ultrasonik, perancangan sistem sederhana berbasis mikrokontroler, pemrograman dasar untuk pengukuran jarak, serta analisis dan interpretasi data hasil pengukuran. Integrasi aspek sains (konsep gelombang), teknologi (IoT), *engineering* (perancangan sistem), dan matematika (analisis data pengukuran) memberikan pengalaman belajar yang aplikatif dan kontekstual. Melalui kegiatan ini, siswa tidak hanya memahami konsep secara teoritis, tetapi juga mampu melihat relevansi penerapan sains dalam kehidupan sehari-hari dan sistem industri berbasis teknologi. Diharapkan kegiatan ini berkontribusi dalam meningkatkan literasi teknologi, motivasi belajar, serta kesiapan kompetensi dasar siswa untuk melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi maupun menghadapi tantangan dunia kerja berbasis teknologi (Qolbiyah et al., 2025; Bybee, 2013)

## **B. METODE PELAKSANAAN**

Mitra kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah 32 siswa SMAN 1 Dayeuhkolot, Kabupaten Bandung, yang terdiri dari siswa kelas X dan XI dengan latar belakang minat sains dan teknologi. Para siswa ini belum pernah mendapatkan pengalaman praktik pembelajaran berbasis teknologi, khususnya terkait *Internet of Things* (IoT), sehingga pengetahuan mereka terhadap aplikasi teknologi masih terbatas pada pemahaman umum tanpa dasar implementasi yang konkret.

Metode kegiatan yang digunakan adalah pendekatan ceramah, demonstrasi, dan praktik langsung (*hands-on practice*) yang terintegrasi dalam satu sesi pelatihan selama 3 jam. Ceramah digunakan untuk menyampaikan konsep dasar IoT dan sains yang relevan; demonstrasi dilakukan oleh tim pengabdian untuk memperlihatkan cara kerja sistem IoT secara langsung; sedangkan praktik langsung memungkinkan peserta merakit, memprogram, dan menguji sistem IoT berbasis sensor ultrasonik secara mandiri dalam kelompok. Metode pelaksanaan ini difokuskan pada pengembangan media pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan sensor ultrasonik untuk membantu siswa memahami konsep perhitungan jarak secara nyata dan terintegrasi dalam pendekatan STEM (Laili et al., 2020; Nurfadhilah et al., 2021). Oleh karena itu metode yang digunakan difokuskan pada pengembangan media pembelajaran berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan sensor ultrasonik untuk membantu siswa memahami konsep perhitungan jarak secara nyata dan terintegrasi dalam pendekatan STEM (Alvendri et al., 2023). Adapun pelaksanaan kegiatan terbagi menjadi tiga tahapan yaitu (1) tahap pra kegiatan; (2) tahap pelaksanaan; dan (3) tahap evaluasi, dengan detail masing-masing sebagai berikut:

### 1. Tahap Pra Kegiatan

Tahap pra kegiatan meliputi dua langkah utama, yaitu identifikasi permasalahan dan analisis kebutuhan sistem pembelajaran. Identifikasi permasalahan dilakukan melalui observasi dan diskusi dengan guru serta siswa di SMAN 1 Dayeuhkolot. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa konsep jarak dan pengukuran pada mata pelajaran fisika dan matematika masih disampaikan secara abstrak, tanpa dukungan media pembelajaran berbasis teknologi. Siswa belum memperoleh pengalaman praktik yang mengaitkan konsep perhitungan jarak dengan implementasi sistem pengukuran berbasis sensor, sehingga pemahaman konseptual dan aplikatif siswa masih terbatas. Berdasarkan permasalahan tersebut, dirumuskan kebutuhan sistem pembelajaran yang mampu:

- a. Menyajikan konsep perhitungan jarak secara kontekstual dan *real-time*.
- b. Mengintegrasikan unsur sains (gelombang dan waktu tempuh), matematika (perhitungan jarak), *engineering* (perancangan sistem), dan teknologi (IoT).
- c. Mudah digunakan dan dipahami oleh siswa sekolah menengah atas.

Sensor ultrasonik dipilih karena prinsip kerjanya secara langsung merepresentasikan konsep perhitungan jarak melalui pengukuran waktu tempuh gelombang ultrasonik, sehingga sesuai digunakan sebagai media pembelajaran berbasis STEM. Berdasarkan kebutuhan tersebut, disusun modul pelatihan yang dirancang secara bertahap dan aplikatif.

## 2. Tahap Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan pelatihan IoT dilaksanakan selama 3 jam dan diawali dengan sesi pembuka berupa pemaparan materi oleh tim pengabdian kepada masyarakat. Materi yang disampaikan meliputi konsep dasar *Internet of Things* (IoT) dan aplikasinya, prinsip kerja sensor ultrasonik, pengenalan mikrokontroler ESP32, serta penggunaan aplikasi Blynk sebagai media monitoring data secara real-time. Penyampaian materi dilakukan secara paralel dengan demonstrasi pembuatan sistem IoT berbasis sensor ultrasonik secara bertahap, mengacu pada modul pelatihan yang telah disusun. Peserta pelatihan dibagi ke dalam beberapa kelompok kecil, di mana setiap dua kelompok didampingi oleh satu mahasiswa sebagai fasilitator untuk membantu proses perakitan, pemrograman, dan pengujian sistem. Seorang dosen berperan sebagai main trainer yang menjelaskan konsep, alur sistem, serta keterkaitan antara teori dan praktik. Melalui pendekatan ini, peserta tidak hanya menerima materi secara teoritis, tetapi juga terlibat aktif dalam praktik langsung, meliputi perakitan perangkat, penulisan program pada mikrokontroler, serta pengujian sistem monitoring jarak berbasis IoT secara real-time.

## 3. Tahap Evaluasi Kegiatan

Untuk menilai efektivitas pelatihan sebagai media pembelajaran, dilakukan evaluasi melalui survei kepada peserta setelah kegiatan pelatihan selesai. Survei disusun berdasarkan beberapa klasifikasi penilaian yang mencakup aspek penyampaian materi, keterkaitan pelatihan dengan pembelajaran STEM, serta dampak dan penerapan pelatihan. Evaluasi pelatihan IoT yang dilaksanakan menerapkan metode kuesioner Likert rentang 0–5 untuk beberapa klasifikasi penilaian. Setiap klasifikasi penilaian terdiri dari 4 indikator pertanyaan seperti tercantum pada Tabel 1. Adapun definisi pada rentang kuesioner 0–5 tersebut yaitu nilai 0 mengindikasikan penilaian sangat tidak setuju (STS), sementara nilai 5 mengartikan penilaian sangat setuju (SS).

**Tabel 1.** Klasifikasi dan Indikator Penilaian

<b>Klasifikasi Penilaian</b>	<b>Indikator Penilaian</b>
Penyampaian Materi dan Jalannya Pelatihan	Materi pelatihan mudah dipahami [P1]
	Instruktur menjelaskan materi dengan jelas [P2]
	Modul pelatihan sangat membantu proses belajar [P3]
	Waktu pelatihan sudah cukup untuk memahami materi [P4]
Keterkaitan Pelatihan dengan Pembelajaran STEM	Pelatihan ini membuat konsep fisika (misalnya gelombang suara, kecepatan, waktu tempuh) lebih mudah dipahami [P1]
	Saya dapat memahami cara kerja sistem IoT yang digunakan dalam pelatihan [P2]

Klasifikasi Penilaian	Indikator Penilaian
	Saya merasa terbantu memahami sistem keseluruhan dengan praktik langsung menggunakan ESP32 dan sensor ultrasonik [P3]
	Pelatihan ini mencerminkan penerapan konsep STEM (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika) dalam pembelajaran [P4]
Dampak dan Penerapan Pelatihan	Saya merasa lebih tertarik untuk belajar teknologi seperti IoT [P1]
	Saya mampu mengaplikasikan pengetahuan ini dalam kehidupan sehari-hari maupun di lingkungan sekolah [P2]
	Pelatihan ini membangkitkan minat saya untuk mempelajari STEM lebih lanjut [P3]
	Pelatihan ini membangkitkan kemampuan berpikir kritis saya [P4]

### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pelatihan IoT berbasis sensor ultrasonik sebagai media pembelajaran STEM di SMAN 1 Dayeuhkolot dievaluasi secara runut yang didukung oleh data kuantitatif. Dengan kerangka ini, keterkaitan antara metode pelaksanaan dengan dampak yang dicapai oleh kegiatan pengabdian kepada masyarakat yang dilakukan dapat terepresentasikan secara menyeluruh.

#### 1. Tahap Pra Kegiatan

Diawali dengan tanya jawab terbuka terkait pengetahuan umum IoT, kedalaman materi pelatihan para peserta dapat terpetakan. Hasil observasi menunjukkan mayoritas peserta telah mengenal berbagai aplikasi IoT dalam kehidupan sehari-hari, namun hanya 10% peserta yang mengetahui bahwa aplikasi-aplikasi tersebut merupakan hasil/produk dari teknologi IoT. Di sisi lain, tidak tersedianya fasilitas dan sumber daya pendukung di sekolah untuk menginisiasi pembelajaran STEM melalui IoT juga menjadi hambatan. Kondisi ini mengkonfirmasi temuan identifikasi awal dan memperkuat urgensi pelaksanaan kegiatan pelatihan di SMAN 1 Dayeuhkolot. Berdasarkan temuan tersebut, tim pengabdian menyiapkan modul pelatihan dan sistem IoT demonstrasi yang disesuaikan dengan tingkat pemahaman peserta, serta memastikan seluruh perangkat (ESP32, sensor ultrasonik, dan aplikasi Blynk) telah dikonfigurasi sebelum hari pelaksanaan.

#### 2. Tahap Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan pelatihan dilaksanakan selama 3 jam dengan sesi pembuka yaitu pemaparan materi oleh tim pengabdian masyarakat seperti pada Gambar 1. Adapun bahasan yang dijelaskan yaitu konsep dasar IoT dan aplikasinya, sensor ultrasonik, mikrokontroler, serta aplikasi *Blynk*. Penjelasan materi dasar dilakukan paralel dengan demonstrasi pembuatan sistem IoT menggunakan sensor ultrasonik secara bertahap, dengan

mengacu pada modul pelatihan yang telah disediakan. Kemudian masing-masing kelompok peserta pelatihan turut mengikuti *step-by-step*, dipandu oleh anggota pengabdian masyarakat (mahasiswa).

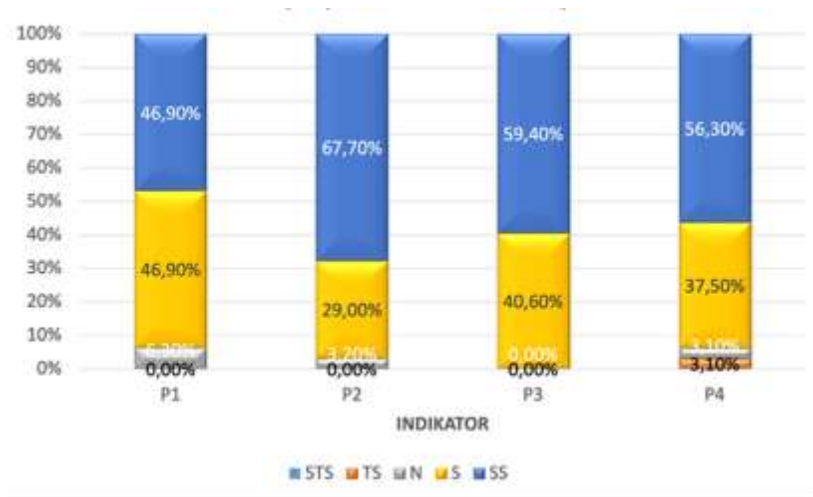


**Gambar 1.** Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian Masyarakat

Tidak hanya menyajikan teori, pelatihan ini juga mendorong partisipasi aktif peserta dalam memahami juga praktik langsung pembuatan sistem IoT sederhana dengan sensor ultrasonik. Praktiknya, peserta pelatihan turut mencoba dalam perakitan, membuat program menggunakan mikrokontroler, dan melakukan pengujian sistem monitoring secara *real-time*. Hampir seluruh peserta (>95%) dapat menyelesaikan pembuatan sistem IoT sederhana sampai tahap modifikasi tampilan antarmuka sistem monitoring. Berdasarkan hasil tersebut, dapat dikatakan bahwa dengan adanya pendampingan dan panduan yang jelas serta terstruktur, para peserta mampu meningkatkan pengetahuan dan kemampuannya dalam mengimplementasikan sistem IoT sederhana dengan sangat baik. Hal ini juga menjadi indikasi positif untuk bisa diterapkan dalam pembelajaran berbasis STEM.

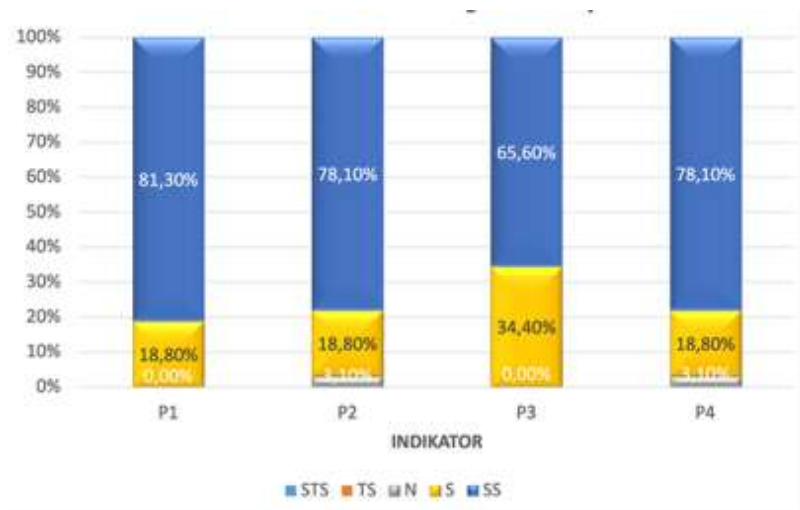
### **3. Tahap Evaluasi Kegiatan**

Statistik hasil evaluasi menunjukkan lebih dari 93% peserta menyatakan setuju dan sangat setuju untuk setiap indikator penilaian pada klasifikasi penyampaian materi dan jalannya pelatihan, seperti yang ditampilkan pada Gambar 2. Meskipun terdapat 6,3% peserta tidak menunjukkan kecenderungan atau dengan kata lain memilih normal, presentase keseluruhan dengan sangat jelas telah menggambarkan keberlangsungan kegiatan pelatihan yang sangat baik. Tantangan yang perlu menjadi perbaikan ke depannya adalah terkait waktu pelatihan, karena sebanyak 3,1% peserta menganggap waktu pelatihan yang sempit belum cukup untuk memahami materi sepenuhnya. Hal ini bersifat wajar, mengingat kondisi peserta yang belum/tidak memiliki pengetahuan bahkan kemampuan membuat sistem IoT sebelumnya.



**Gambar 2.** Hasil Evaluasi Penyampaian Materi dan Jalannya Pelatihan

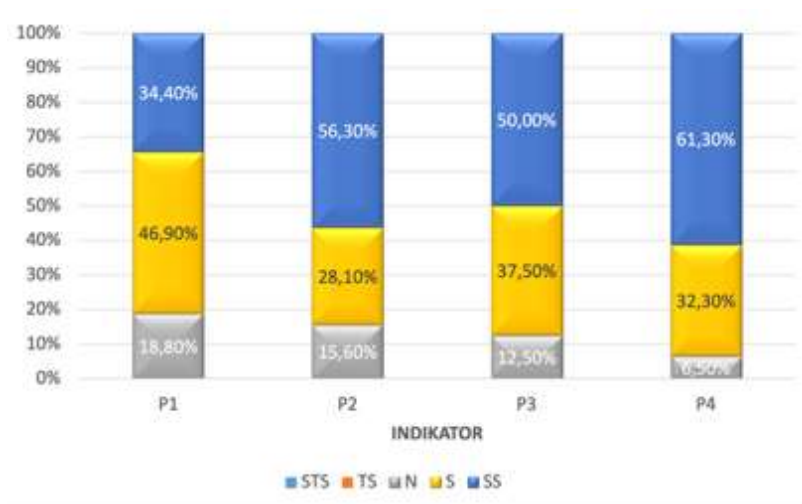
Kepuasan peserta tidak berhenti pada penyampaian materi dan jalannya pelatihan saja, melainkan juga pada keterkaitannya dengan pembelajaran STEM. Seperti yang terlihat pada Gambar 3, lebih dari 93% peserta menyatakan bahwa pelatihan yang dilaksanakan dapat memberi pemahaman dan pengalaman baru yang lebih aplikatif dari pengetahuan dasar seperti konsep-konsep dasar fisika. Dengan demikian, alih-alih hanya belajar teori pengetahuan dasar yang seringkali sulit dibayangkan, peserta pelatihan bisa mendapat paparan serta pengalaman secara langsung dari penerapan konsep STEM dalam pembelajaran.



**Gambar 3.** Hasil Evaluasi Keterkaitan Pelatihan dengan Pembelajaran STEM

Pengalaman praktik langsung peserta untuk membuat sistem IoT sederhana melalui pelatihan yang dilaksanakan, menumbuhkan ketertarikan peserta untuk mempelajari STEM lebih lanjut. Terlebih lagi, peserta menjadi paham dan *aware* bahwa banyak sekali aplikasi sederhana di lingkungan sekitar yang memanfaatkan teknologi IoT. Dengan kata lain, sebagian besar peserta menjadi terdorong untuk memiliki daya pikir yang kritis utamanya guna mencetuskan solusi sederhana dengan memanfaatkan

teknologi IoT terhadap berbagai permasalahan sederhana di lingkungan sekitarnya. Hal ini tervalidasi oleh hasil evaluasi dampak dan penerapan pelatihan pada Gambar 4 yang menyatakan bahwa lebih dari 80% peserta menjadi memiliki minat yang lebih untuk belajar dan mengaplikasikan teknologi IoT baik itu di lingkungan sosial maupun dalam pembelajaran STEM.



**Gambar 4.** Hasil Evaluasi Dampak dan Penerapan Pelatihan

Hasil pelaksanaan pelatihan menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis proyek melalui integrasi IoT dan sensor ultrasonik efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual, keterampilan teknis, serta minat belajar siswa. Keberhasilan lebih dari 95% peserta dalam menyelesaikan perakitan dan pemrograman sistem IoT sederhana mengindikasikan bahwa metode demonstrasi bertahap dan pendampingan terstruktur mampu mempercepat transfer pengetahuan secara signifikan. Temuan ini sejalan dengan Bybee (2013) yang menegaskan bahwa pembelajaran STEM berbasis proyek meningkatkan keterlibatan aktif dan pemahaman lintas disiplin, serta didukung oleh penelitian Fuadi et al. (2022) dan Alvendri et al. (2023) yang menunjukkan bahwa STEM kontekstual berpengaruh terhadap motivasi dan literasi teknologi siswa. Secara internasional, hasil ini konsisten dengan Alhazmi et al. (2023) yang melaporkan bahwa integrasi IoT dalam STEM meningkatkan experiential learning dan computational thinking, serta Tsipianitis et al. (2025) yang menemukan peningkatan *engagement* dan *self-efficacy* siswa melalui platform IoT dibandingkan metode konvensional. Dengan demikian, pelatihan ini memperkuat bukti bahwa pemanfaatan IoT sebagai media pembelajaran tidak hanya meningkatkan pemahaman teori, tetapi juga membangun kesiapan siswa menghadapi pendidikan tinggi dan industri berbasis teknologi.

#### D. SIMPULAN DAN SARAN

Pelatihan IoT berbasis sensor ultrasonik sebagai media pembelajaran STEM di SMAN 1 Dayeuhkolot yang dilaksanakan melalui tahapan pematerian, demonstrasi, dan praktik terbukti efektif dalam memberikan pengalaman belajar yang aplikatif dan kontekstual kepada peserta. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa lebih dari 93% peserta menyatakan pelatihan membantu mereka memahami konsep dasar sains melalui penerapan langsung teknologi IoT. Temuan ini mengindikasikan bahwa integrasi IoT dalam pembelajaran mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik, sekaligus meningkatkan pemahaman konseptual serta relevansi materi sains dengan kehidupan nyata. Selain itu, kegiatan ini turut mendorong peningkatan minat dan kesiapan siswa dalam menghadapi pembelajaran berbasis teknologi di jenjang pendidikan yang lebih tinggi. Dengan demikian, pembelajaran STEM berbasis IoT berpotensi menjadi model alternatif yang inovatif dan adaptif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran sains di sekolah menengah, khususnya dalam mempersiapkan siswa menghadapi tantangan era digital dan industri 4.0.

#### DAFTAR RUJUKAN

- Alhazmi, A. K., Kaed, E., Al-Hammadi, F., Alsakkaf, N., & Al-Hammadi, Y. (2023). *The Internet of Things as a Tool Towards Smart Education: A Systematic Review* (pp. 633–648). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-18344-7\\_45](https://doi.org/10.1007/978-3-031-18344-7_45)
- Alvendri, D., Giatman, M., & Ernawati, E. (2023). Transformasi Pendidikan Kejuruan: Mengintegrasikan Teknologi IoT ke dalam Kurikulum Masa Depan. *Journal of Education Research*, 4(2), 752–758. <https://doi.org/10.37985/jer.v4i2.244>
- Fuadi, A. Z., Istiqomah, I., & Budiman, F. (2022). Implementasi Arduino untuk Menunjang Pembelajaran STEM di MGMP IPA Kabupaten Bandung Barat. *Prosiding COSECANT: Community Service and Engagement Seminar*, 2(1). <https://doi.org/10.25124/cosecant.v2i1.18419>
- Istiqomah, I., Abdul Aziz, A., Rizal, A., Fahriza Bahrudin, M., Ibnu Abas, A., & Yusuf Salman, M. (2023). Pemenuhan Kebutuhan Media Pembelajaran di Sekolah Alam dengan Mengimplementasikan Sistem Pemantauan Kolom Ikan di Beberapa Titik Berbasis IoT. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 7(4), 3749–3760. <https://doi.org/10.31764/jmm.v7i4.16318>
- Istiqomah, I., Aziz, A. A., Rizal, A., Bahrudin, M. F., Soediponegoro, S., Azriansyah, A., Sundawa, N. W., Isnaini, A. N., & Antu, V. A. F. (2024). Penerapan Panel Surya Sebagai Media Pembelajaran Energi Terbaharukan Dan Energi Listrik Tambahan Di Sekolah Alam Gaharu. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 8(2), 1704. <https://doi.org/10.31764/jmm.v8i2.21562>
- Khalid, I. L., Abdullah, M. N. S., & Mohd Fadzil, H. (2024). A Systematic Review: Digital Learning in STEM Education. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 51(1), 98–115. <https://doi.org/10.37934/araset.51.1.98115>
- Laili, N., Nurjanah, U., & Hakim, M. (2020). Implementasi Sistem Akuaponik Sebagai Media Pembelajaran Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa MTS Zainul Hasan Balung. *JURNAL BIOSHELL*, 9(1), 16–20. <https://doi.org/10.36835/bio.v9i1.759>
- Nurfadhillah, S., Setyorini, A., Armianti, I. J., Fadilla, L. N., & Adawiyah, R. (2021). Penggunaan Media Alat Peraga pada Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan

- Alam dalam Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SD Negeri Kampung Melayu III. *PENSA: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 3(2), 176–186. <https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/pensa>
- Putriani, J. D., & Hudaidah, H. (2021). Penerapan Pendidikan Indonesia di Era Revolusi Industri 4.0. *EDUKATIF: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(3), 830–838. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v3i3.407>
- Qolbiyah, N. S., Istiqomah, I., Suratman, F. Y., Patriananda, T., Kirana, T. P., Nelson, G., & Sari, N. (2025). Pelatihan Internet Of Things Berbasis Stem Untuk Pengembangan Kompetensi Digital Siswa Dan Guru Sma. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 9(4), 3984. <https://doi.org/10.31764/jmm.v9i4.32947>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. NSTA Press.
- Terzieva, V., Ivanova, M., Djambazova, E., & Ilchev, S. (2025). The Role of Internet of Things and Security Aspects in STEM Education. *Information*, 16(7), 533. <https://doi.org/10.3390/info16070533>
- Tsipianitis, D., Misirli, A., Lavidas, K., & Komis, V. (2025). IoT Devices and Their Impact on Learning: A Systematic Review of Technological and Educational Affordances. *IoT*, 6(3), 45. <https://doi.org/10.3390/iot6030045>