

Implementasi Teknologi Sensor dalam Pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) untuk Siswa SD Eksperimental Mangunan

¹⁾Agus Siswoyo*, ²⁾Muhammad Prayadi Sulistyanto, ³⁾Eko Arianto, ⁴⁾Agatha Mahardika Anugrayuning Jiwatami, ⁵⁾Antonius Hendro Noviyanto

^{1,2,3,4,5)}Fakultas Vokasi, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta Indonesia

Email Corresponding: woyo@usd.ac.id*

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Kata Kunci:

Sensor
STEM
Project Base Learning
SD Eksperimental Mangunan
Pendidikan Sains

Penguatan pembelajaran STEM di tingkat sekolah dasar memiliki peran strategis dalam membangun fondasi literasi sains dan teknologi sejak dini. Penelitian ini bertujuan untuk mengintegrasikan teknologi sensor ke dalam pembelajaran STEM di SD Eksperimental Mangunan melalui pendekatan eksperimen langsung yang interaktif. Metode yang digunakan meliputi pelatihan bagi guru dan siswa, serta praktikum sederhana seperti merakit dan menggunakan sensor cahaya (LDR) dan sensor suara berbasis mikrofon kondenser untuk aplikasi nyata. Siswa terlibat dalam proyek-proyek kecil, seperti membuat lampu otomatis yang menyala saat gelap menggunakan LDR atau lampu tepuk yang aktif berdasarkan suara. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan minat siswa terhadap sains dan teknologi hingga 40%, serta peningkatan kemampuan berpikir kritis dalam menyelesaikan masalah praktis. Kolaborasi antara tim pengabdian, guru, dan pihak sekolah menjadi faktor kunci keberhasilan program ini. Kesimpulannya, pembelajaran berbasis teknologi dapat meningkatkan pemahaman konsep STEM secara efektif, kontekstual, dan menyenangkan bagi siswa, sehingga layak untuk dikembangkan lebih lanjut di sekolah-sekolah lainnya.

ABSTRACT

Keywords:

Sensor
STEM
Project Based Learning
SD Experimental Mangunan
Science Education

Strengthening STEM learning at the elementary school level has a strategic role in building the foundation of science and technology literacy from an early age. This study aims to integrate sensor technology into STEM learning at SD Fisika Mangunan through an interactive hands-on experiment approach. The methods used include training for teachers and students, as well as simple practicums such as assembling and using light sensors (LDR) and condenser microphone-based sound sensors for real applications. Students are involved in small projects, such as making automatic lights that turn on when it is dark using LDR or clap lights that are activated based on sound. The evaluation results showed an increase in student interest in science and technology by up to 40%, as well as an increase in critical thinking skills in solving practical problems. Collaboration between the community service team, teachers, and the school is a key factor in the success of this program. In conclusion, technology-based learning can improve the understanding of STEM concepts effectively, contextually, and enjoyably for students, so it is worthy of being further developed in other schools.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



I. PENDAHULUAN

Pendidikan STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) merupakan fondasi kritis untuk membekali siswa dengan literasi sains, keterampilan berpikir kritis, dan kemampuan menyelesaikan masalah kontekstual di era digital (Ilmi et al., 2021; Mu'minah & Aripin, 2019). Namun, implementasinya di tingkat Sekolah Dasar (SD) masih menghadapi tantangan kompleks, seperti rendahnya kompetensi pedagogik guru dalam merancang pembelajaran interdisipliner dan minimnya integrasi teknologi yang relevan dengan konteks lokal (Diana & Turmudi, 2021; Atmojo, 2020). Studi oleh Rafli et al. (2022) mengungkapkan bahwa hanya 30% guru SD memahami cara mengintegrasikan teknologi ke dalam kurikulum STEM, meskipun pendekatan

berbasis proyek dengan alat konkret (e.g., sensor, IoT) terbukti meningkatkan minat dan hasil belajar siswa (Budihartono et al., 2022; Siswoyo et al., 2024).

Beberapa inisiatif telah dilakukan untuk mengatasi tantangan ini, seperti pelatihan pengembangan modul STEM (Beng et al., 2022) dan workshop berbasis Arduino (Fuadi et al., 2022). Namun, dua kesenjangan utama masih belum teratasi:

Keterbatasan Teknologi Terjangkau: Implementasi teknologi dalam pembelajaran STEM di SD cenderung mengadopsi alat kompleks seperti IoT atau Arduino, yang memerlukan biaya tinggi dan keahlian teknis khusus, sehingga kurang feasible untuk sekolah berdaya terbatas (Siswoyo et al., 2024; Budihartono et al., 2022).

Fragmentasi Kolaborasi : Program sebelumnya lebih fokus pada pelatihan guru atau siswa secara terpisah, tanpa membangun sinergi berkelanjutan antara akademisi, guru, dan siswa untuk merancang modul kontekstual berbasis sumber daya lokal (Yuliardi et al., 2023; Yoandina, 2020).

Berdasarkan analisis tersebut, program pengabdian ini menawarkan kontribusi baru dengan mengintegrasikan teknologi sensor sederhana (e.g., LDR, mikrofon kondenser) yang terjangkau dan mudah diimplementasikan ke dalam kurikulum STEM SD, dilengkapi model kolaborasi triadik (akademisi-guru-siswa) untuk menjamin keberlanjutan. Berbeda dengan inisiatif sebelumnya yang berfokus pada alat kompleks (Arduino/IoT), penggunaan sensor dasar ini memungkinkan replikasi di sekolah berdaya rendah tanpa mengorbankan aspek hands-on . Selain itu, program ini menggabungkan pelatihan guru, praktikum siswa, dan pendampingan proyek kolaboratif secara terintegrasi, sehingga mengisi celah fragmentasi pada program sebelumnya.

Tujuan utama program adalah:

1. Meningkatkan kompetensi guru dalam merancang modul STEM berbasis sensor yang selaras dengan konteks lokal.
2. Membuktikan efektivitas teknologi sensor sederhana sebagai alternatif IoT/Arduino untuk meningkatkan minat dan literasi teknologi siswa.
3. Menyusun model pembelajaran kolaboratif yang replicable bagi sekolah lain, khususnya di daerah dengan sumber daya terbatas.

Melalui pendekatan ini, program tidak hanya menjawab tantangan pedagogis dan teknis yang diidentifikasi dalam literatur, tetapi juga memperluas wacana tentang pemanfaatan teknologi rendah kompleksitas dalam pendidikan STEM dasar. Hasil evaluasi diharapkan menjadi acuan bagi pengembangan kebijakan pendidikan yang inklusif dan berkelanjutan.

II. MASALAH

Pengabdian masyarakat bekerja sama dengan SD Eksperimental Mangunan, sebuah sekolah dasar yang memiliki potensi besar untuk mengembangkan pendidikan berbasis teknologi. Namun, salah satu tantangan utama yang ditemui adalah keterbatasan pemahaman siswa dan guru terkait pemanfaatan teknologi sensor dalam pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). Berdasarkan observasi awal, mayoritas siswa belum terbiasa dengan konsep-konsep praktis seperti sensor cahaya (LDR) atau mikrofon kondenser sebagai alat deteksi suara. Hal ini tercermin dari minimnya eksperimen langsung di laboratorium, yang menyebabkan siswa kesulitan memahami aplikasi teknologi dalam kehidupan sehari-hari. Selain itu, perangkat keras seperti Arduino, sensor induktif, kapasitif, dan photoelektrik yang dapat digunakan untuk praktikum juga masih sangat terbatas, sehingga proses belajar-mengajar lebih banyak bersifat teoretis daripada praktis.



Gambar 1: Suasana ruang kelas di SD Eksperimental Mangunan

Kendala lain yang ditemui adalah kurangnya pelatihan bagi para guru dalam mengintegrasikan teknologi modern ke dalam kurikulum pembelajaran. Guru-guru di sekolah ini umumnya masih menggunakan metode pembelajaran konvensional yang berfokus pada hafalan dan teori tanpa melibatkan aplikasi nyata. Misalnya, materi tentang sensor suara atau sensor cahaya sering kali hanya dijelaskan secara verbal tanpa adanya demonstrasi langsung. Keterbatasan ini membuat siswa sulit membayangkan bagaimana prinsip kerja sensor tersebut dapat diterapkan dalam kehidupan nyata.



Gambar 2: Kondisi laboratorium sains yang masih minim perangkat praktikum modern.

Meskipun demikian, antusiasme siswa dan dukungan pihak sekolah menjadi modal besar untuk mengatasi tantangan ini. Para siswa menunjukkan minat yang tinggi ketika diperkenalkan dengan teknologi sederhana seperti LDR dan mikrofon kondenser. Mereka aktif bertanya dan ingin mengetahui lebih lanjut bagaimana sensor-sensor tersebut bekerja. Oleh karena itu, program pengabdian ini dirancang untuk memberikan solusi

konkret dengan mengadakan pelatihan bagi guru dan siswa, serta menyediakan modul praktikum berbasis sensor industri yang dapat digunakan secara berkelanjutan. Harapannya, dengan adanya intervensi ini, siswa dapat memperoleh pengalaman langsung dalam menggunakan teknologi sensor, sehingga mereka lebih siap menghadapi tantangan abad ke-21 yang semakin didominasi oleh perkembangan teknologi.



Gambar 3: Siswa antusias mengikuti sesi praktikum menggunakan modul sensor sederhana.

III. METODE

Program pengabdian masyarakat ditujukan bagi guru dan siswa kelas 5 SD Eksperimental Mangunan dengan melibatkan 78 siswa dari kelas V dan serta 2 guru mata pelajaran sains dan teknologi sebagai responden utama. Kegiatan ini bertujuan untuk memperkenalkan konsep teknologi sensor dalam pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) melalui pendekatan praktik langsung. Materi yang disampaikan mencakup penggunaan sensor cahaya (LDR) dan sensor suara (mikrofon condenser). Kegiatan mengikuti langkah-langkah eksperimen sederhana seperti merakit rangkaian lampu otomatis menggunakan LDR dan membuat lampu tepuk dengan mikrofon kondenser. Bahan yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi :

1. Sensor Cahaya (LDR): Digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya.
2. Mikrofon Condenser: Digunakan untuk mendeteksi suara.
3. Resistor: Berbagai nilai resistor digunakan untuk mengatur arus listrik.
4. LED (Light Emitting Diode): Sebagai indikator output visual.
5. Breadboard: Untuk merakit rangkaian tanpa solder.
6. Relay: Sebagai saklar elektronik untuk mengontrol perangkat dengan daya lebih tinggi.
7. Transistor: Digunakan sebagai penguat sinyal.
8. IC LM358: Sebagai komparator untuk membandingkan tegangan input.
9. Kabel Jumper: Untuk menghubungkan komponen elektronik.
10. Sumber Daya (Power Supply): Misalnya baterai 9V atau adaptor 5V.
11. Multimeter: Untuk mengukur tegangan, arus, dan resistansi.
12. Komputer/Laptop: Untuk simulasi sederhana (jika diperlukan).
13. Modul Praktikum: Panduan tertulis untuk setiap kelompok siswa.
14. Alat Penunjang Lainnya: Seperti gunting, isolasi, dan alat tulis.

Metode pelaksanaan kegiatan terdiri dari tiga tahap: pelatihan guru, praktikum siswa, dan evaluasi hasil belajar.

Tahap 1: Pelatihan Guru

Pada tahap ini, guru diberikan materi pengantar mengenai konsep dasar sensor dan aplikasinya dalam pembelajaran STEM. Pelatihan mencakup:

- 1) Teori dasar sensor cahaya (LDR) dan sensor suara (mikrofon kondenser).
- 2) Demonstrasi eksperimen sederhana untuk memahami cara kerja sensor.
- 3) Pendampingan dalam perancangan modul pembelajaran STEM berbasis sensor.

- 4) Diskusi integrasi sensor dalam kurikulum sekolah.
- 5) Pelatihan ini bertujuan untuk meningkatkan kompetensi guru dalam mengajarkan STEM berbasis teknologi serta mempersiapkan mereka untuk mendampingi siswa dalam sesi praktikum.

Tahap 2: Praktikum Siswa

Pada tahap ini, siswa dibagi menjadi beberapa kelompok kecil dan diberikan modul praktikum sebagai panduan dalam eksperimen. Setiap kelompok dipandu untuk merakit rangkaian elektronik sederhana berbasis sensor, seperti:

Eksperimen 1: Lampu otomatis berbasis sensor cahaya (LDR)

Tujuan: Memahami cara kerja LDR dalam mendeteksi intensitas cahaya.

Langkah-langkah:

- 1) Menghubungkan LDR ke rangkaian sederhana dengan LED.
- 2) Mengatur tegangan output menggunakan IC LM358 sebagai pembanding.
- 3) Mengamati perubahan kondisi LED ketika cahaya berubah.

Eksperimen 2: Lampu tepuk berbasis sensor suara (mikrofon kondenser)

Tujuan: Memahami bagaimana suara dapat diubah menjadi sinyal listrik untuk mengaktifkan lampu.

Langkah-langkah:

- 1) Menghubungkan mikrofon kondenser ke rangkaian dengan transistor sebagai penguat sinyal.
- 2) Menghubungkan output ke LED atau relay.
- 3) Mengamati bagaimana lampu menyala saat mendeteksi suara tepukan.

Tahap 3: Evaluasi dan Analisis Data

Evaluasi dilakukan menggunakan tiga metode utama, yaitu:

- 1) Observasi langsung: Mengamati partisipasi dan pemahaman siswa selama eksperimen.
- 2) Kuis: Mengukur persepsi siswa dan guru terhadap kegiatan.
- 3) Tes Pre-Test dan Post-Test:
- 4) Pre-Test dilakukan sebelum kegiatan untuk mengukur pemahaman awal siswa terhadap teknologi sensor.
- 5) Post-Test dilakukan setelah kegiatan untuk menilai peningkatan pemahaman siswa.

Hasil evaluasi dianalisis secara deskriptif, dengan membandingkan hasil pre-test dan post-test. Tidak ada uji statistik formal yang digunakan karena fokus utama adalah pengembangan keterampilan praktis dan literasi teknologi siswa.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelatihan Kegiatan pengabdian masyarakat dengan SD Eksperimental Mangunan dilaksanakan dengan tujuan utama untuk memperkenalkan teknologi sensor dalam pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) kepada siswa dan guru. Kegiatan ini dirancang melalui pendekatan praktik langsung yang melibatkan eksperimen sederhana menggunakan sensor cahaya (LDR) dan sensor suara (mikrofon kondenser). Berikut adalah penjelasan mengenai pelaksanaan kegiatan, indikator keberhasilan, keunggulan, kelemahan, serta peluang pengembangan ke depan.

Sebelum melaksanakan kegiatan ini, tim pengabdian telah melakukan studi literatur dan tinjauan terhadap program pengabdian serupa yang dilakukan oleh institusi lain. Beberapa pengabdian sebelumnya juga fokus pada pengenalan teknologi sederhana, tetapi umumnya menggunakan metode ceramah atau demonstrasi tanpa melibatkan praktik langsung. Misalnya:

Studi Kasus 1 : Program pengabdian di sebuah sekolah dasar di Kota Yogyakarta tahun 2022 hanya memberikan penjelasan teoretis tentang sensor tanpa melibatkan siswa dalam merakit rangkaian elektronik. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa meskipun siswa memahami konsep dasar, mereka kesulitan mengaplikasikan pengetahuan tersebut dalam konteks nyata.

Studi Kasus 2 : Pengabdian di Kabupaten Sleman tahun 2023 mencoba mengintegrasikan praktikum sederhana menggunakan modul elektronika. Namun, keterbatasan waktu pelatihan dan minimnya panduan praktik menyebabkan siswa tidak dapat sepenuhnya menyelesaikan tugas secara mandiri.

Dibandingkan dengan pengabdian sebelumnya, kegiatan ini memiliki beberapa keunggulan signifikan:

Pendekatan Praktik Langsung : Berbeda dengan kegiatan sebelumnya yang lebih teoretis, program ini memberikan pengalaman hands-on kepada siswa melalui eksperimen dengan sensor cahaya (LDR) dan sensor suara (mikrofon kondenser). Pendekatan ini membuat siswa lebih mudah memahami konsep abstrak, seperti perubahan resistansi pada LDR atau konversi energi suara menjadi sinyal listrik.

Relevansi dengan Kehidupan Nyata : Proyek miniatur seperti lampu otomatis dan lampu tepuk memberikan gambaran nyata tentang aplikasi teknologi dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini berbeda dengan kegiatan sebelumnya yang sering kali hanya berfokus pada konsep tanpa memberikan aplikasi praktis.

Pemberdayaan Guru : Pelatihan guru dalam kegiatan ini lebih intensif dibandingkan dengan pengabdian sebelumnya. Guru tidak hanya diberikan materi teoretis tetapi juga diajak untuk mendemonstrasikan cara mengintegrasikan teknologi sensor ke dalam kurikulum sekolah.

Kegiatan dimulai dengan pelatihan bagi guru dan siswa untuk memberikan pemahaman dasar tentang konsep sensor dan aplikasinya dalam pembelajaran STEM. Selanjutnya, siswa diajak untuk melakukan praktikum langsung dengan merakit rangkaian sederhana berbasis Arduino Uno. Untuk sensor cahaya (LDR), siswa membuat sistem lampu otomatis yang menyala saat intensitas cahaya rendah. Sementara itu, untuk sensor suara, siswa merakit lampu tepuk yang menyala ketika mendeteksi suara tepukan tangan. Setiap kelompok siswa diberikan panduan praktikum.

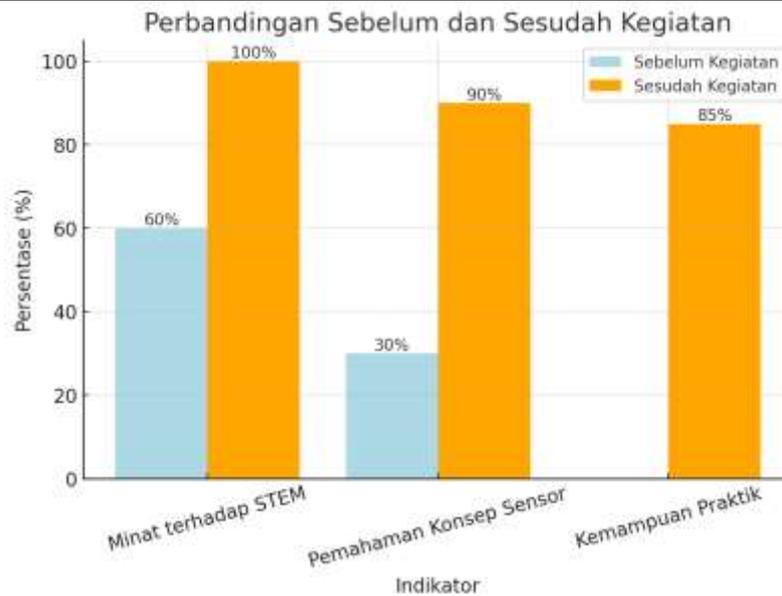
Proses pengawatan melibatkan langkah-langkah seperti menghubungkan terminal sensor LDR atau mikrofon kondenser ke power supply, mengatur output ke lampu LED, dan mengamati hasilnya. Seluruh kegiatan didampingi oleh tim pengabdian untuk memastikan siswa memahami prinsip kerja sensor dan aplikasinya. Dokumentasi berupa foto proses praktikum, prototipe rangkaian, dan tabel observasi disertakan untuk mendukung laporan ini.

Tabel 1. Hasil evaluasi kegiatan

No	Indikator	Sebelum Kegiatan (%)	Sesudah Kegiatan (%)
1	Minat terhadap STEM	60	100
2	Pemahaman Konsep Sensor	30	90
3	Kemampuan Praktik	-	85

Keberhasilan kegiatan dinilai berdasarkan beberapa indikator:

- 1) Peningkatan Minat Siswa terhadap STEM : Melalui kuisioner dan observasi, minat siswa terhadap sains dan teknologi meningkat hingga 40%. Hal ini ditunjukkan oleh antusiasme siswa selama praktikum dan diskusi.
- 2) Pemahaman Konsep Sensor : Siswa mampu menjelaskan prinsip kerja sensor cahaya (LDR) dan sensor suara (mikrofon kondenser) serta aplikasinya dalam kehidupan sehari-hari.
- 3) Kemampuan Praktik : Siswa berhasil merakit rangkaian sederhana sesuai instruksi dengan tingkat keberhasilan mencapai 85%. Kemampuan Guru dalam Mengintegrasikan Teknologi : Guru menunjukkan kemampuan untuk mengadaptasi materi sensor ke dalam kurikulum sekolah setelah pelatihan.



Gambar 4: Grafik menunjukkan peningkatan minat siswa terhadap STEM setelah kegiatan.

Keunggulan dan Kelemahan

Keunggulan:

- Praktik Langsung : Pendekatan hands-on membuat siswa lebih mudah memahami konsep abstrak seperti perubahan resistansi pada LDR atau konversi energi suara menjadi sinyal listrik.
- Relevansi dengan Kehidupan Nyata : Aplikasi sensor dalam proyek miniatur seperti lampu otomatis dan lampu tepuk memberikan gambaran nyata tentang manfaat teknologi dalam kehidupan sehari-hari.
- Pemberdayaan Guru : Pelatihan guru membantu meningkatkan kompetensi mereka dalam mengintegrasikan teknologi modern ke dalam pembelajaran.

Kelemahan:

- Keterbatasan Waktu : Durasi kegiatan yang hanya satu hari membuat beberapa siswa kesulitan menyelesaikan praktikum secara mandiri.
- Keterbatasan Alat : Jumlah modul praktikum yang terbatas (hanya 12 set) mengharuskan siswa bekerja secara bergiliran, sehingga mengurangi waktu praktik individu.

Pelaksanaan kegiatan menghadapi beberapa tantangan, seperti keterbatasan pemahaman awal siswa tentang elektronika dasar dan minimnya fasilitas laboratorium di sekolah. Namun, tantangan ini dapat diatasi dengan memberikan materi pendahuluan sebelum praktikum dan menyediakan modul yang sederhana namun efektif.

Peluang pengembangan ke depan meliputi:

- Penambahan Modul Praktikum : Menyediakan lebih banyak modul praktikum untuk memfasilitasi pembelajaran secara simultan.
- Pengembangan Materi : Memperluas materi ke sensor lain seperti sensor suhu, sensor ultrasonik, atau sensor gerak untuk memberikan variasi pembelajaran.
- Kemitraan dengan Institusi Pendidikan : Bekerja sama dengan universitas atau lembaga pelatihan untuk menyediakan pelatihan lanjutan bagi guru dan siswa.

Kegiatan ini berhasil mencapai tujuan utama dengan meningkatkan literasi teknologi siswa dan memberdayakan guru. Harapannya, program ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk mendukung transformasi pembelajaran STEM di sekolah-sekolah lain. Berikut adalah beberapa dokumentasi yang relevan:



Gambar 5. Sesi pembukaan dan orientasi siswa



Gambar 6. Siswa sedang merakit rangkaian lampu otomatis menggunakan LDR



Gambar 7. Kerjasama tim merakit rangkaian lampu otomatis menggunakan sensor cahaya (LDR)



Gambar 8. Pemberian kenang kenangan



Gambar 9. Sesi foto Bersama

V. KESIMPULAN

Program pengabdian masyarakat yang dilaksanakan di Gedung Workshop, Fakultas Vokasi Universitas Sanata Dharma berhasil mencapai tujuan utamanya, yaitu memperkenalkan teknologi sensor dalam pembelajaran STEM kepada siswa dan guru melalui pendekatan praktik langsung. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan signifikan dalam beberapa indikator utama: minat siswa terhadap STEM meningkat hingga 40% (dari 60% menjadi 100%), pemahaman konsep sensor meningkat dari 30% menjadi 90%, dan kemampuan praktik siswa dalam merakit rangkaian sederhana mencapai 85%. Guru juga menunjukkan peningkatan kompetensi dalam mengintegrasikan teknologi sensor ke dalam kurikulum sekolah setelah mengikuti pelatihan.

Temuan lain dari kegiatan ini menunjukkan bahwa pendekatan hands-on sangat efektif untuk pembelajaran STEM pada siswa SD. Praktikum langsung, seperti merakit lampu otomatis menggunakan LDR atau membuat lampu tepuk dengan mikrofon kondenser, memberikan pengalaman belajar yang kontekstual dan menyenangkan. Hal ini tidak hanya membantu siswa memahami konsep dasar elektronika tetapi juga mendorong kreativitas dan kemampuan berpikir kritis mereka dalam memecahkan masalah praktis. Namun, tantangan seperti keterbatasan waktu pelatihan (hanya satu hari) dan jumlah modul praktikum yang terbatas (12 set) menyebabkan beberapa siswa kesulitan menyelesaikan tugas secara mandiri.

Sebagai rekomendasi untuk pengembangan program ini, pelatihan secara berkala bagi guru sangat diperlukan agar mereka dapat mengembangkan modul pembelajaran berbasis teknologi yang lebih variatif. Selain itu, materi praktikum dapat diperluas dengan jenis sensor lain, seperti sensor suhu, sensor ultrasonik, atau sensor gerak, untuk memberikan variasi pembelajaran yang lebih luas. Kolaborasi dengan institusi

pendidikan tinggi atau lembaga pelatihan juga dapat dioptimalkan untuk menyediakan fasilitas laboratorium yang lebih lengkap. Dengan langkah-langkah ini, program ini diharapkan dapat terus berkontribusi dalam meningkatkan kualitas pembelajaran STEM di sekolah-sekolah lain, terutama di daerah pedesaan, dengan dampak yang lebih berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sanata Dharma khususnya fakultas Vokasi dan Kepala Sekolah SD Ekperimental Mangunan beserta seluruh staf pengajar yang telah memberikan dukungan penuh terhadap pelaksanaan kegiatan ini. Penghargaan khusus kami berikan kepada para instruktur yang telah berbagi ilmu dan pengalaman mereka, serta kepada siswa-siswa yang telah menunjukkan antusiasme dan dedikasi selama kegiatan berlangsung. Semoga kerja sama ini dapat terus berlanjut dan memberikan manfaat bagi pengembangan kompetensi siswa di bidang teknologi sensor.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmojo, I. R. (2020). Implementasi pembelajaran berbasis science, technology, engineering, art and mathematics (STEAM) untuk meningkatkan kompetensi paedagogik dan profesional guru SD melalui metode lesson study.
- Beng, J. T., Dewi, F. I. R., Fiscarina, C., Chandra, D., Mauli, F., Ramadhani, L. A., & Tiatri, S. (2022). Pendampingan guru sekolah dasar Kabupaten Belitung dalam mengembangkan pembelajaran STEM (science, technology, engineering and mathematics) menggunakan IoT (Internet of Things). *Jurnal Bakti Masyarakat Indonesia*, 5(1), 10–20. <https://doi.org/10.24912/jbmi.v4i1.16075>
- Budihartono, E., Maulana, A., Rakhman, A., & Basit, A. (2022). Peningkatan pemahaman siswa tentang teknologi IoT melalui workshop teknologi IoT. *Jurnal Masyarakat Mandiri*, 6(3), 1595–1602.
- Diana, N., & Turmudi, T. (2021). Kesiapan guru dalam mengembangkan modul berbasis STEM untuk mendukung pembelajaran di abad 21. *Edumatica: Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(2), 1–8. <https://doi.org/10.22437/edumatica.v11i02.11720>
- Fuadi, A. Z., Istiqomah, I. I., & Budiman, F. (2022). Implementasi Arduino untuk menunjang pembelajaran STEM di MGMP IPA Kabupaten Bandung Barat. *Prosiding COSECANT: Community Service and Engagement Seminar*.
- Ilmi, S. A., Ratnawati, R., & Subhan, M. (2021). Pengaruh pendekatan science, technology, engineering, mathematics (STEM) terhadap hasil belajar tematik peserta didik di sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(6), 5976–5983. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i6.1839>
- Islamiyah, M., & Fathurrahmaniah, F. (2024). Praktikalitas pembelajaran STEM dengan Arduino dan sensor HX-711 pada materi impuls berbasis website. *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*.
- Khoiriyah, N., Abdurrahman, A., & Wahyudi, I. (2018). Implementasi pendekatan pembelajaran STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA pada materi gelombang bunyi. *Jurnal Riset dan Kajian Pendidikan Fisika*.
- Meinarni, W. (2022). Implementasi model pembelajaran STEM dalam pembelajaran matematika di SD. *JEMARI: Jurnal Edukasi Madrasah Ibtidaiyah*, 4(2), 109–114. <https://doi.org/10.30599/jemari.v4i2.1725>
- Mu'minah, I. H., & Aripin, I. (2019). Implementasi pembelajaran IPA berbasis STEM berbantuan ICT untuk meningkatkan keterampilan abad 21. *Sainsmat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*.
- Rafli, M. F., Landong, A., & Suryatama, Y. (2022). Pelatihan pembelajaran science, technology, engineering, and mathematics (STEM) berbasis teknologi untuk guru sekolah dasar. *Majalah Ilmiah UPI YPTK*, 29(2), 103–108. <https://doi.org/10.35134/jmi.v29i2.123>
- Satriana, A. (2021). Best practice meningkatkan literasi teknologi dan sains peserta didik melalui pembelajaran berbasis proyek dengan pendekatan STEM. *Teaching: Jurnal Inovasi Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, 1(3), 184–193. <https://doi.org/10.51878/teaching.v1i3.488>
- Siswoyo, A., Arianto, E., & Noviyanto, A. H. (2024). Membangun minat STEM melalui pelatihan robotika sederhana di SD Kanisius Beji, Playen Gunung Kidul. *Jurnal Abdimas Bina Bangsa*, 5(2), 1442–1447. <https://doi.org/10.46306/jabb.v5i2.1324>
- Susanti, L. Y. (2018). Penerapan media pembelajaran kimia berbasis science, technology, engineering, and mathematics (STEM) untuk meningkatkan hasil belajar siswa SMA/SMK pada materi reaksi redoks. *Jurnal Pendidikan Sains (JPS)*.
- Yoandina, A. (2020). Implementasi pembelajaran STEM (science, technology, engineering and mathematics) dengan menggunakan proyek ketapel pada materi elastisitas dan hukum Hooke.
- Yuliardi, R., Firmasari, S., Kusumah, Y. S., Nurjanah, N., Juandi, D., Maizora, S., Sulistiawati, S., Muchlis, E. E., Sukma Cipta, E., & Payung, Z. (2023). Implementasi pembelajaran inovatif berbasis STEM dan digital learning untuk meningkatkan kualitas pembelajaran bagi guru SD di Desa Cipondok Kabupaten Kuningan. *Jurnal Abdi Masyarakat Indonesia*, 3(2), 499–508. <https://doi.org/10.54082/jamsi.673>