

Penggunaan Media Robot Edukasi dalam Pembelajaran STEM Bagi Guru Sekolah Dasar di Kota Semarang

The Use of Educational Robot Media in STEM Learning for Elementary School Teachers in Semarang City

Riza Arifudin^{1*}, Endang Sugiharti², Zaenal Abidin³, Abas Setiawan⁴

¹Program Studi Sistem Informasi – FMIPA, Universitas Negeri Semarang
Sekaran Gunungpati Semarang, Indonesia 50229

^{2,3,4}Program Studi Teknik Informatika – FMIPA, Universitas Negeri Semarang
Sekaran Gunungpati Semarang, Indonesia 50229

email: *rizaarifudin@mail.unnes.ac.id

DOI:10.30595/jpts.v%vi%i.19412

ABSTRAK

STEM (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika) merupakan metode pembelajaran yang bertujuan untuk mengembangkan kapasitas dan orientasi karir siswa dengan mengintegrasikan pengetahuan dari berbagai disiplin ilmu. Pembelajaran STEM telah menjadi fokus penting dalam dunia pendidikan untuk mempersiapkan siswa dengan keterampilan yang diperlukan di era teknologi modern. Guru-guru sekolah dasar memiliki peran utama dalam membentuk dasar pemahaman STEM siswa. Melalui pelatihan intensif, demonstrasi, dan pendampingan, guru-guru sekolah dasar di Kota Semarang khususnya Yayasan Samudra Ilmu diberikan pengetahuan STEM dan keterampilan yang diperlukan untuk mengintegrasikan media robot edukasi dalam kurikulum STEM mereka. Selain itu, kegiatan ini juga mendorong kolaborasi antar-guru dalam mengembangkan strategi pembelajaran yang lebih inovatif dan efektif. Penggunaan media robot edukasi juga membantu memperkenalkan teknologi dalam pembelajaran, meningkatkan keterampilan digital guru dan siswa. Hasil dari kegiatan ini, para guru mendapatkan pengetahuan tentang konsep STEM dan mereka antusias dalam menerapkan pembelajaran STEM ini pada peserta didik. Hal ini dibuktikan dari hasil kuesioner evaluasi yang diberikan setelah kegiatan. Pembelajaran STEM ini memainkan peran penting dalam memajukan pendidikan di wilayah ini, menciptakan lingkungan pembelajaran yang dinamis dan relevan dengan tuntutan zaman.

Kata Kunci: STEM, Robot Edukasi, Guru, Pelatihan

ABSTRACT

STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) is a learning method that aims to develop students' capacity and career orientation by integrating knowledge from various scientific disciplines. STEM learning has become essential to prepare students with the skills needed in the modern technological era. Elementary school teachers have a significant role in forming the basis of students' STEM understanding. Through intensive training, demonstrations, and mentoring, elementary school teachers in Semarang City, especially the Samudra Ilmu Foundation, are given the STEM knowledge and skills needed to integrate educational robot media into their STEM curriculum. This activity also encourages teacher collaboration in developing more innovative and effective learning strategies. The use of educational robot media also helps introduce technology in learning, improving the digital skills of teachers and students. As a result of this activity, the teachers gained knowledge about STEM concepts and were enthusiastic to implement STEM learning with students. It is proven by the results of the evaluation questionnaire given after the activity. STEM learning plays an essential role in advancing education in this region, creating a learning environment that is dynamic and relevant to the demands of the times.

Keywords: STEM, Educational Robot, Teacher, Training

1. Pendahuluan

STEM (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika) telah mendapatkan perhatian yang signifikan di seluruh dunia, yang mengarah pada pendirian sekolah STEM (Tripp, 2023). Namun, ada hasil yang beragam mengenai efektivitas sekolah STEM (Tripp, 2023). Pendidikan STEM bertujuan untuk mengembangkan kapasitas dan orientasi karir siswa dengan mengintegrasikan pengetahuan dari berbagai disiplin ilmu (Nhung & Hanh, 2021). Hal ini menekankan pengajaran kolaboratif dan pengembangan kompetensi berorientasi profesional (Nhung & Hanh, 2021). Meskipun tidak ada definisi pendidikan STEM yang disepakati, itu memiliki dampak yang luar biasa pada pemikiran dan praktik di sekolah (McComas & Burgin, 2020). Interpretasi STEM saat ini sebagai kurikulum menimbulkan pertanyaan tentang asumsi yang mendasarinya dan arah masa depan (Millar, 2020). Secara keseluruhan, pendidikan STEM dipandang sebagai bidang inovasi yang harus memberikan kesempatan bagi siswa untuk terlibat dengan dunia dan berkontribusi pada transformasi positif dalam Masyarakat (Liu, 2019).

Tujuan pembelajaran STEM adalah fokus utama dalam pendidikan, dengan tujuan menghasilkan lulusan yang dapat beradaptasi dengan sifat interdisipliner disiplin STEM (Nickolson et al., 2023). Pendidikan STEM mencakup beragam program akademik yang membutuhkan pengetahuan dasar dalam matematika dan sains (Chase et al., 2023). Tujuan pembelajaran STEM bervariasi antar disiplin ilmu dan kursus (Nickolson et al., 2023). Sekolah STEM telah didirikan untuk mempromosikan pendidikan STEM, tetapi literatur empiris tentang efektivitasnya menghasilkan hasil yang beragam (Tripp, 2023). Namun, pendidikan STEM diakui sebagai meta-disiplin yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika, dan mempersiapkan siswa untuk tantangan abad kedua puluh satu (Kennedy & Odell, 2023). Pentingnya motivasi dalam pembelajaran STEM juga telah diakui, dengan faktor-faktor seperti usia, jenis kelamin, konteks keluarga, dan metode pengajaran yang mempengaruhi motivasi siswa (Luo et al., 2023). Secara keseluruhan, pendidikan STEM bertujuan untuk memberi siswa pengetahuan dan keterampilan yang mereka butuhkan untuk berhasil di dunia yang digerakkan oleh teknologi (Kennedy & Odell, 2023).

Pendidikan STEM berkontribusi pada inovasi dan kemajuan teknologi dengan menyediakan bidang pekerjaan baru, mempromosikan kewirausahaan, meningkatkan peluang kerja, mengurangi biaya sosial, mencegah *brain drain*, dan mengatasi setengah pengangguran (Akcan et al., 2023). Ini juga memainkan peran penting dalam pertumbuhan ekonomi dan daya saing negara (Irwanto et al., 2022). Pendidikan STEM menekankan kreativitas dan pengembangan keterampilan berbasis teknologi, yang semakin diminati karena robot menggantikan manusia dalam industri dan Masyarakat (Khushk et al., 2023). Selain itu, pendidikan STEM membantu siswa terlibat dengan dunia dengan cara yang bermakna dan berkontribusi pada transformasi positif dalam masyarakat (Liu, 2019). Secara keseluruhan, pendidikan STEM membekali siswa dengan pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan untuk berhasil di abad kedua puluh satu dan menumbuhkan budaya inovasi berkelanjutan (Kennedy & Odell, 2023).

Penggunaan teknologi yang inovatif dapat meningkatkan pembelajaran dengan menyempurnakan kurikulum guru dan memberikan fleksibilitas belajar yang lebih baik bagi siswa (Goh & Ali, 2014). Namun, tantangan utamanya adalah bagaimana menerapkan teknologi secara pedagogis dalam lingkungan belajar dan mengajar yang baik. Robotika Edukatif adalah sebuah alat pembelajaran yang efektif untuk pendekatan pembelajaran berbasis proyek yang mengintegrasikan STEM, pengkodean, pemikiran komputasi, dan keterampilan teknik ke dalam satu proyek.

Dengan menggunakan robot, siswa dapat mengeksplorasi bagaimana teknologi digunakan dalam kehidupan nyata dan belajar melalui tindakan mencipta. Pembelajaran melalui robot pendidikan memberikan siswa kesempatan untuk mempertanyakan dan merenungkan teknologi sambil merancang, membangun, memprogram, dan mendokumentasikan robot otonom. Dengan menggunakan robot, siswa tidak hanya mempelajari cara kerja teknologi, tetapi juga menerapkan keterampilan yang dipelajari di sekolah dan pengetahuan konten secara bermakna dan menarik. Selain STEM, robot pendidikan juga dapat mengintegrasikan berbagai bidang lain seperti literasi, studi sosial, tari, musik, seni, alat teknis,

pemecahan masalah, pemikiran kritis, dan inovatif (Eguchi, 2015). Dengan menggunakan Robotika Edukatif sebagai alat pembelajaran, siswa dapat meningkatkan pengalaman belajar mereka melalui pembelajaran langsung dan lingkungan belajar yang menarik dan menyenangkan, sehingga membantu siswa memperoleh semua keterampilan dan pengetahuan yang diperlukan untuk mencapai tujuan mereka dalam menyelesaikan proyek yang mereka minati.

Penggunaan robot dalam pembelajaran STEM masih terbatas pada lingkup yang sempit dan hanya terfokus pada teknologi yang digunakan pada robot. Untuk mengatasi hal ini, Menteri Pendidikan dan Kebudayaan, Nadiem Makarim, telah menciptakan kebijakan yang dikenal sebagai "Merdeka Belajar" (Kemdikbud, 2019). Konsep "Merdeka Belajar" memberikan kebebasan kepada guru untuk mengembangkan dan menerapkan metode pembelajaran yang disesuaikan dengan budaya dan karakteristik sekolah masing-masing.

Pada tulisan ini difokuskan penggunaan robot STEM untuk Guru di Sekolah Dasar. Belum banyak guru yang mengetahui tentang konsep dan implementasi STEM dalam pendidikan. Selain itu, beberapa guru masih beranggapan bahwa penggunaan teknologi khususnya robot hanya digunakan untuk bermain. Sebagai objek kegiatan akan dilaksanakan di Yayasan Samudra Ilmu yang menaungi Sekolah Dasar Islam Cahaya Ilmu dan KB-TK Islam Cahaya Ilmu Semarang. Sekolah tersebut ingin menggunakan pembelajaran STEM dalam pembelajarannya dan belum menggunakan robot dalam pembelajaran. Oleh karena itu dilakukan kegiatan pelatihan tentang STEM dengan media robot edukasi yang dilakukan pada guru-guru Yayasan Samudra Ilmu.

2. Metode

Terdapat lima tahapan utama dalam pelatihan STEM dan robot edukasi di Yayasan Samudra Ilmu antara lain adalah studi lapangan, konsolidasi, seminar, demonstrasi dan praktik, dan evaluasi. Alur tahapan tersebut diperlihatkan pada Gambar 1. Studi lapangan dilakukan sebelum kegiatan pelatihan dimulai, secara umum kegiatan ini melihat kebutuhan apa yang diperlukan dan melakukan analisis situasi terhadap guru dan proses belajar mengajar. Konsolidasi dilakukan oleh tim pelatih dan ketua yayasan untuk menentukan para guru yang akan dilatih serta muatan materi STEM yang diperlukan. Seminar merupakan kegiatan paparan konsep STEM. Demonstrasi dan praktek adalah kegiatan inti yang melibatkan para guru untuk terjun langsung mengimplementasikan konsep STEM dengan media robot edukasi. Terakhir merupakan tahapan evaluasi yang akan menggunakan angket kuesioner untuk menilai ketercapaian pelatihan yang telah dilakukan sebelumnya.



Gambar 1. Alur tahapan pelatihan STEM dan robot edukasi.

2.1 Studi Lapangan

Penentuan lokasi dan peserta pada pelatihan ini dipilih berdasarkan pencarian sekolah yang ingin menerapkan STEM pada kegiatan belajar mengajarnya. Dalam kasus ini, Yayasan Samudra Ilmu terpilih sebagai tempat dan objek dilakukannya pelatihan. Yayasan Samudra Ilmu merupakan sekolah islam yang berlokasi di Tlogosari Wetan, Pedurungan, Kota Semarang. Terdapat dua tingkat sekolah yang dinaungi Yayasan Samudra Ilmu yaitu sekolah dasar (SD) dan Kelompok Bermain – Taman Kanak-Kanak (KB-TK). Dengan lokasi yang cukup strategis, sekolah ini berpotensi untuk berkembang pesat di kemudian hari. Sekolah ini ingin mewujudkan Merdeka Belajar dan Merdeka Bermain. Dengan tujuan mendidik siswa sesuai zamannya. Sekolah ini sangat terbuka sekali terhadap teknologi dan memerlukan pelatihan yang berkaitan dengan teknologi sehingga pembelajaran STEM cocok jika diterapkan disini.

2.2. Konsolidasi

Kegiatan konsolidasi dilakukan sebelum pelatihan dimulai, baik secara luring maupun daring. Diskusi dilakukan dengan Ketua Yayasan dan Kepala Sekolah untuk memastikan materi-materi yang dibutuhkan oleh sekolah. Perlu integrasi materi mana yang cocok untuk nantinya diterapkan pembelajaran STEM. Dalam hal ini, peninjauan kurikulum diperlukan sehingga topik terpilih adalah mata pelajaran tematik dan fisika untuk pembelajaran STEM ini. Selain itu, konsultasi tentang masalah-masalah yang dihadapi siswa saat pembelajaran juga didiskusikan bersama. Hal ini diperlukan karena nantinya setelah pelatihan STEM pada guru ini, diharapkan para guru juga mampu menerapkan di kelas. Kemudian, sebagai persiapan pelatihan dibutuhkan data peserta atau guru yang nantinya akan mengikuti pelatihan.

2.3. Seminar

Kegiatan pertama dalam pelatihan ini adalah pelaksanaan Seminar Konsep STEM. Kegiatan ini diikuti oleh 25 peserta yang merupakan guru SD Islam Cahaya Ilmu. Metode penyampaian dalam kegiatan ini menggunakan ceramah dan diskusi interaktif. Materi-materi yang disampaikan meliputi:

1. Tantangan Industri 4.0 & Society 5.0 dan Dampak Transformasi Digital
2. Taksonomi Bloom yang direvisi
3. Konsep STEM
4. Prinsip-prinsip STEM
5. Keterkaitan STEM dengan Keterampilan Abad 21
6. Implementasi STEM dalam Kurikulum Pembelajaran

Dari materi-materi tersebut, diharapkan para guru mendapatkan pengetahuan tentang STEM sehingga mereka dapat menerapkannya di Kelas kepada para peserta didik. Gambar 2 memperlihatkan keadaan saat kegiatan paparan materi oleh tim pelatih.



Gambar 2. Suasana saat paparan materi STEM

2.4. Demonstrasi dan Praktik

Setelah kegiatan seminar STEM selesai, berikutnya adalah kegiatan demonstrasi. Peserta diperkenalkan dengan robot edukasi untuk pembelajaran STEM dengan merk Robot Solar Kit 6 in 1. Robot edukasi tersebut memiliki spesifikasi *output* panel surya 75 mA dan dapat dirakit dalam enam bentuk robot yang berbeda. Panel surya digunakan sebagai sumber energi utama sehingga robot ini sangat ramah lingkungan. Enam bentuk yang dapat dirakit yaitu *Solar Windmill*, *Solar Robot*, *Solar Helicopter*, *Solar Plane*, *Solar Airboat*, dan *Solar Wheeler* diperlihatkan di Gambar 3. Sistem mekanis robot juga dilengkapi dengan motor DC 1.2 Volt dengan 1200 RPM. Robot edukasi tersebut perlu dirakit menjadi bagian-bagian tertentu lebih dulu sebelum dirakit menjadi salah satu dari enam bentuk robot, sehingga perlu dijelaskan lebih dulu bagian-bagian kecil dari komponen robot. Setelah penjelasan bagian komponen-komponen, diperagakan juga bagaimana membuat salah satu bentuk robot. Robot yang sudah dibentuk kemudian di uji cobakan diluar kelas untuk melihat bagaimana cara kerjanya.



Gambar 3. Enam bentuk robot edukasi yang digunakan

Ketika demonstrasi oleh pelatih selesai, berikutnya adalah saatnya para peserta untuk mencoba langsung. Peserta dibagi dalam 5 kelompok. Setiap kelompok akan diberikan satu robot untuk dirakit dan diujicobakan. Kemudian diberikan waktu 45 menit untuk pada setiap tim untuk dalam merakit robot tersebut. Setiap tim akan dicatat berapa banyak robot yang berhasil dirakit dan diujicobakan. Gambar 4 memperlihatkan suasana para peserta saat sedang praktik merakit dan uji coba robot. Terlihat bahwa para peserta sangat antusias dan senang dalam kegiatan ini.



Gambar 4. Praktek merakit dan uji coba robot edukasi untuk STEM

2.5. Evaluasi

Tahapan akhir dalam kegiatan pelatihan penggunaan media robot edukasi dalam pembelajaran STEM adalah evaluasi. Evaluasi dilakukan dengan membagikan kuesioner pada para peserta. Pengambilan data kuesioner ini dilakukan 15 menit sebelum kegiatan pelatihan berakhir. Sebagai tambahan informasi, peserta terdiri dari 21 orang perempuan dan 4 orang laki-laki yang berada pada rentang usia produktif yaitu dari 25 sampai 34 tahun. Keseluruhan peserta sudah menyelesaikan jenjang Sarjana dan merupakan guru SD Islam Cahaya Ilmu.

3. Hasil dan Pembahasan

Dari kelima tim yang sudah dibentuk sebelumnya, ada satu tim yang dapat menyelesaikan empat bentuk robot. Dua bentuk robot yang belum sampai dibuat adalah *Solar Airboat* dan *Solar Robot*. *Solar Airboat* tidak dapat di uji karena memerlukan genangan air sehingga tidak dibuat oleh tim tersebut. *Solar Robot* belum selesai karena keterbatasan waktu yang dimiliki. Rata-rata tim dapat merakit dan menguji dua bentuk robot. Bentuk robot yang dapat dibuat oleh seluruh tim adalah *Solar Windmill* karena tidak memerlukan waktu lama untuk merakit dan menguji. Tabel 1 memperlihatkan hasil jumlah robot yang berhasil dirakit dan diuji oleh setiap tim dalam waktu 60 menit.

Tabel 1. Hasil Robot yang berhasil dirakit dan diuji

| Tim | Jumlah Anggota | Jumlah Bentuk Robot | Nama-nama bentuk Robot |
|-----|----------------|---------------------|---|
| 1 | 5 | 3 | <i>Solar Windmill, Solar Helicopter, Solar Plane</i> |
| 2 | 5 | 2 | <i>Solar Windmill, Solar Plane</i> |
| 3 | 5 | 3 | <i>Solar Windmill, Solar Plane, Solar Wheeler</i> |
| 4 | 6 | 3 | <i>Solar Windmill, Solar Helicopter, Solar Plane</i> |
| 5 | 5 | 3 | <i>Solar Windmill, Solar Helicopter, Solar Plane</i> |
| 6 | 4 | 4 | <i>Solar Windmill, Solar Helicopter, Solar Plane, Solar Wheeler</i> |

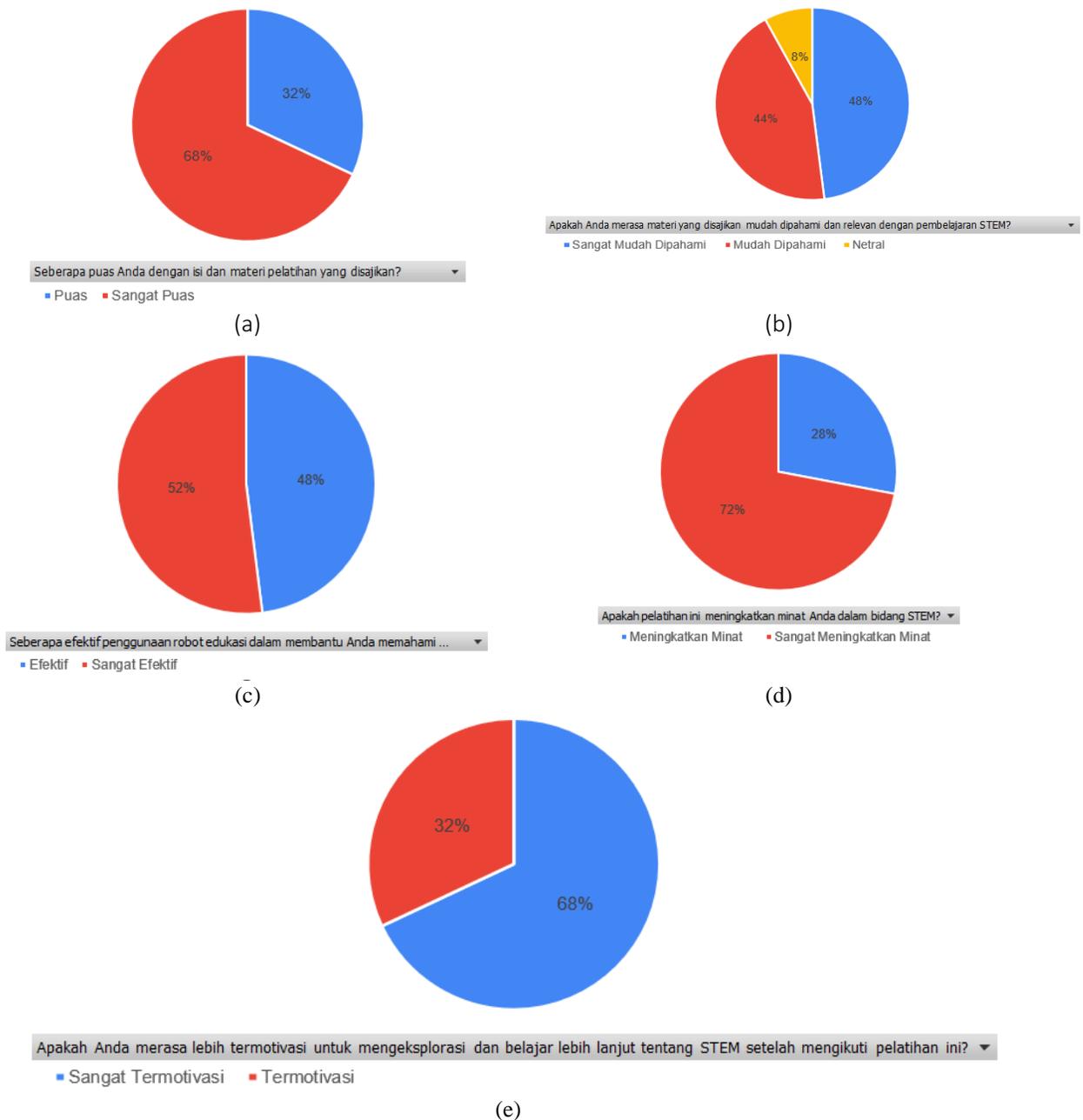
Di tahap evaluasi, terdapat enam pertanyaan dalam kuesioner yang diajukan dengan lima pertanyaan dibuat dengan skala *linkert* dan satu pertanyaan dengan jawaban deskriptif. Tabel 2 mendeskripsikan pertanyaan-pertanyaan yang diajukan pada peserta.

Tabel 2. Hasil Robot yang berhasil dirakit dan diuji

| Kode | Pertanyaan | Jenis Respon Jawaban |
|------|--|----------------------|
| Q1 | Seberapa puas Anda dengan isi dan materi pelatihan yang disajikan? | skala 5 |
| Q2 | Apakah Anda merasa materi yang disajikan mudah dipahami dan relevan dengan pembelajaran STEM? | skala 5 |
| Q3 | Seberapa efektif penggunaan robot edukasi dalam membantu Anda memahami konsep STEM? | skala 5 |
| Q4 | Apakah pelatihan ini meningkatkan minat Anda dalam bidang STEM? | skala 5 |
| Q5 | Apakah Anda merasa lebih termotivasi untuk mengeksplorasi dan belajar lebih lanjut tentang STEM setelah mengikuti pelatihan ini? | skala 5 |
| Q6 | Untuk kedepannya, apakah Anda bersedia untuk mengajarkan konsep STEM pada peserta didik? (baik dengan robot edukasi atau media lain) Mohon sebutkan saran atau masukan atas pengabdian yang telah dilakukan? | deskriptif |

Pada pertanyaan Q1 sebanyak 68% persen responden menjawab sangat puas dan 32% menjawab puas. Skala indikator untuk nilai sangat puas dan puas adalah 5 dan 4. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar responden puas dengan isi dan pelatihan yang telah disajikan. Pertanyaan Q2 terkait dengan pemahaman responden terhadap materi pembelajaran STEM. Ada sebanyak 48% responden menjawab sangat mudah dipahami, 44% responden menjawab mudah dipahami, dan 8% responden menjawab netral. Meski masih ada 8% responden yang menjawab netral (skala 3), sebagian besar responden masih merasa bahwa pembelajaran STEM ini mudah dipahami. Pada pertanyaan Q3

didapatkan hasil 52% responden menjawab sangat efektif dan 48% persen menjawab efektif. Hasil ini mengindikasikan bahwa responden merasa bahwa Robot Edukasi dapat secara efektif membantu dalam memahami konsep pembelajaran STEM. Pertanyaan Q4 dan Q5 berfokus pada minat dan motivasi responden terhadap pembelajaran STEM sekaligus apakah mereka tertarik terhadap STEM sebagai tindak lanjut dari pelatihan ini.



Gambar 5. Hasil jawaban pertanyaan dengan jenis respon skala 5

Hasil pertanyaan Q4 yang paling terbaik diantara pertanyaan-pertanyaan lain, sebanyak 72% responden menjawab sangat meningkatkan minat dan sisanya 28% menjawab meningkatkan minat. Ini menandakan bahwa responden sangat antusias terhadap pelatihan ini. Pada pertanyaan Q5, sebanyak

68% responden menjawab sangat termotivasi dan sisanya 32% termotivasi. Jawaban positif dari para responden di pertanyaan ini menjelaskan bahwa mereka masih ingin mempelajari lebih lanjut tentang pembelajaran STEM setelah mengikuti pelatihan. Pertanyaan terakhir Q6 sebanyak 56% responden menjawab sangat bersedia, 32% bersedia, dan 12% netral. Dari pertanyaan ini setidaknya ada 88% responden bersedia atau sangat bersedia untuk mengajarkan konsep pembelajaran STEM ini kepada peserta didik. Secara garis besar para peserta dapat menerima dengan baik tentang materi pembelajaran STEM. Peserta juga sangat antusias sekali mempraktekkan pembelajaran STEM dengan robot edukasi.

4. Kesimpulan

Kegiatan pelatihan pembelajaran STEM dan penggunaan media robot edukasi telah dilakukan di Yayasan Samudra Ilmu Semarang. Kegiatan ini diikuti oleh 25 orang guru sekolah dasar. Terdapat lima tahapan utama dalam pelatihan STEM dan robot edukasi di Yayasan Samudra Ilmu antara lain adalah studi lapangan, konsolidasi, seminar, demonstrasi dan praktik, dan evaluasi. Para guru sangat memperhatikan pelatihan yang pembelajaran STEM yang diberikan oleh tim. Selain itu, pada saat praktek terlihat bahwa antusiasme guru terhadap media pembelajaran robot edukasi juga tinggi. Hal ini dibuktikan dari hasil kuesioner yang didominasi oleh jawaban positif. Dengan adanya pelatihan ini para guru dapat mengenal pembelajaran STEM dan penerapan media robot edukasi untuk pembelajaran STEM sehingga itu dapat diterapkan pada peserta didiknya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada FMIPA UNNES yang telah memberikan dana pengabdian DPA FMIPA UNNES pada tahun 2023 sehingga kegiatan pengabdian pada Masyarakat dapat terlaksana dengan baik serta menghasilkan artikel pengabdian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akcan, A. T., Yıldırım, B., Karataş, A. R., & Yılmaz, M. (2023). Teachers' views on the effect of STEM education on the labor market. *Frontiers in Psychology, 14*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1184730>
- Chase, A., Kline, G., & Hundley, S. P. (2023). Stem Education and Assessment. In *Trends in Assessment* (pp. 91–106). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003440581-6>
- Eguchi, A. (2015). Educational Robotics as a Learning Tool for Promoting Rich Environments for Active Learning (REALs). In *Handbook of Research on Educational Technology Integration and Active Learning* (pp. 19–47). <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-8363-1.ch002>
- Goh, H., & Ali, M. B. B. (2014). ROBOTICS AS A TOOL TO STEM LEARNING. *International Journal for Innovation Education and Research, 2*(10), 66–78. <https://doi.org/10.31686/ijer.vol2.iss10.248>
- Irwanto, I., Saputro, A. D., Widiyanti, Ramadhan, M. F., & Lukman, I. R. (2022). Research Trends in STEM Education from 2011 to 2020: A Systematic Review of Publications in Selected Journals. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM), 16*(05), 19–32. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i05.27003>
- Kemdikbud. (2019). *Merdeka Belajar, Guru Penggerak - Pidato Mendikbud untuk Hari Guru Nasional 2019*.
- Kennedy, T. J., & Odell, M. R. L. (2023). *STEM Education as a Meta-discipline* (pp. 37–51). https://doi.org/10.1007/978-3-031-24259-5_4
- Khushk, A., Zhiying, L., Yi, X., & Zengtian, Z. (2023). Technology Innovation in STEM Education. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation, 19*, 29–51. <https://doi.org/10.46661/ijeri.7883>
- Liu, C. (2019). Reaching a New Generation of Innovators: Taking action in Project Invent. *Childhood Education, 95*(1), 10–15. <https://doi.org/10.1080/00094056.2019.1565744>

- Luo, T., Rüschenpöhler, L., & Wang, J. (2023). Student motivation in STEM: factors related to and measurement of STEM motivation. In *International Encyclopedia of Education (Fourth Edition)* (pp. 401–408). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.13067-2>
- McComas, W. F., & Burgin, S. R. (2020). A Critique of “STEM” Education. *Science & Education*, 29(4), 805–829. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00138-2>
- Millar, V. (2020). Trends, Issues and Possibilities for an Interdisciplinary STEM Curriculum. *Science & Education*, 29(4), 929–948. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00144-4>
- Nhung, V. T. T., & Hanh, P. T. H. (2021). Develop cooperative capacity for students in STEM modelation model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1835(1), 012054. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1835/1/012054>
- Nickolson, D. D., Hilson, W. J., Weiss, H. A., & Hundley, S. P. (2023). Advancing STEM Education Through Quality, Equity, and Evidence. In *Trends in Assessment* (pp. 119–135). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003440604-8>
- Tripp, J. N. (2023). STEM schools: their rise, present state, and future potential. In *International Encyclopedia of Education (Fourth Edition)* (pp. 177–188). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818630-5.13063-5>