

Inovasi Pembelajaran Sains Berbasis STEM Bagi Guru SD, SMP dan SMA Sekolah Indonesia Kuala Lumpur

Sugianto Sugianto¹, Ani Rusilowati^{2*}, Arif Widiyatmoko³, Della Puspitasari¹,
Nur Miftachul Arifa¹, Roziqin Roziqin²

¹ Program Studi Fisika, FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

² Program Studi Pendidikan Fisika, FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

³ Program Studi IPA Terpadu, FMIPA Universitas Negeri Semarang, Indonesia

*Corresponding Author: rusilowati@mail.unnes.ac.id

Abstrak. Salah satu bentuk reformasi pendidikan yang dapat membantu guru dalam mengatasi permasalahan di abad 21 adalah menggunakan pendekatan *science, technology, engineering, dan mathematics* (STEM). STEM menjadi suatu pendekatan dalam pembelajaran sains dengan menuntun pola pikir siswa seperti ilmuwan. Tujuan kegiatan pengabdian ini adalah agar guru di Sekolah Indonesia Kuala Lumpur SIKL memiliki keterampilan untuk berinovasi dalam pembelajaran sains berbasis STEM dan pengetahuan memanfaatkan sumber belajar untuk pembelajaran Sains berbasis STEM. Pengabdian ini menerapkan metode pelatihan dan pendampingan dengan model *Action Learning*, pada kelompok mitra sehingga terampil merancang dan mengimplementasikan pembelajaran sains berbasis STEM. Rancangan kegiatan pengabdian terdiri atas tahapan persiapan, pelaksanaan dan evaluasi. Hasil pengabdian menunjukkan bahwa terjalannya kerjasama antara FMIPA UNNES dengan SIKL, terlaksananya kegiatan pengabdian kepada Masyarakat bagi guru Sains di SIKL, peserta pelatihan telah memiliki keterampilan merancang pembelajaran inovatif berbasis STEM, dan meningkatnya pengetahuan tentang pemanfaatan sumber belajar berbasis STEM di antaranya adalah penerapan projek *drop egg challenge* dan *straw bridge*. Kegiatan pelatihan inovasi pembelajaran dengan model *action learning* berbasis fasilitasi dapat membekali guru untuk berinovasi dalam pembelajaran sains berpendekatan STEM.

Kata kunci: action learning; projek; STEM

Abstract. One form of educational reform that can help teachers overcome problems in the 21st century is using a science, technology, engineering and mathematics (STEM) approach. STEM is an approach to learning science by guiding students' thinking patterns like scientists. The aim of this service activity is so that teachers at Sekolah Indonesia Kuala Lumpur (SIKL) have the knowledge and skills to innovate in STEM-based science learning. This service applies training and mentoring methods with Action Learning model to partner groups so they are skilled at designing and implementing STEM-based science learning. The design of service activities consists of preparation, implementation and evaluation stages. The results of the service show that the training participants have knowledge about STEM-based science learning innovations, including the implementation of the drop egg challenge and straw bridge projects.

Key words: action learning; project; STEM.

How to Cite: Sugianto, S., Rusilowati, A., Widiyatmoko, A., Puspitasari, D., Arifa, N. M., & Roziqin, R. (2023). Inovasi Pembelajaran Sains Berbasis STEM Bagi Guru SD, SMP dan SMA Sekolah Indonesia Kuala Lumpur. *Journal of Community Empowerment*, 3 (2), 116-121.

PENDAHULUAN

Mulai tahun 2022, kurikulum nasional memiliki tiga opsi kurikulum yang dapat dipilih oleh satuan pendidikan untuk pemulihan pembelajaran di masa pandemi Covid-19, yaitu Kurikulum 2013, Kurikulum Darurat (Kurikulum 2013 yang disederhanakan), dan Kurikulum Merdeka. Kurikulum ini menggunakan pendekatan pembelajaran yang digunakan pada mata pelajaran sains (IPA di SD-SMP; Fisika di SMA) adalah pendekatan saintifik (terdiri atas 5M yang meliputi mengamati, menanya, mengumpulkan data, mengasosiasi data dan

mengomunikasikan). Namun, saat ini pembelajaran sains perlu ditambah pendekatannya yaitu dengan disesuaikan dengan tuntutan keterampilan Abad 21, peserta didik diharapkan memiliki keterampilan 4C, yaitu *critical thinking, creativity and innovation, collaboration, dan communication* (Supena, dkk., 2021; Sullivan, dkk., 2021). Adanya penyesuaian ini tentu akan mempengaruhi format perangkat pembelajaran dan tuntutan model pembelajaran serta pendekatan pembelajarannya, sehingga guru seharusnya memiliki keterampilan dalam penyusunan perangkat pembelajaran yang mampu menyesuaikan dengan kebutuhan keterampilan

abad 21.

Perkembangan teknologi pada abad 21 disebut dengan revolusi industri 4.0 dan *society* 5.0 berdampak besar pada dunia pendidikan (Yamada, 2021). Salah satu pendekatan pembelajaran yang muncul sebagai akibat dari perkembangan ini adalah pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) dan pendekatan ini telah menarik banyak perhatian dalam beberapa tahun terakhir (Yamada, 2021; Kartal & tasdemir, 2021; El Nagdi, 2018). Hal ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan Li, dkk. (2020) yang menunjukkan bahwa kecendrungan penelitian Pendidikan STEM meningkat secara internasional dalam beberapa tahun terakhir.

Permasalahan implementasi STEM di sekolah ini terjadi hampir di semua sekolah baik tingkat SD, SMP dan SMA, termasuk sekolah Indonesia yang ada di luar negeri. Implementasi pembelajaran berbasis STEM juga belum dilakukan di SIKL karena minimnya informasi yang diperoleh. Berdasarkan hasil wawancara dengan guru di Sekolah Indonesia Kuala Lumpur, guru pelajaran sains baik di tingkat SD, SMP dan SMA belum menerapkan pembelajaran berbasis STEM dengan baik. Guru belum siap menghadapi pembelajaran berbasis STEM ini. Permasalahan tersebut meliputi (1) guru belum memiliki wawasan yang memadai mengenai pembelajaran berbasis STEM, dan (2) guru belum memiliki keterampilan dalam menyusun perangkat pembelajaran berbasis STEM, (3) kurangnya pengetahuan sumber-sumber belajar yang dapat digunakan untuk mengimplementasikan pembelajaran sains berbasis STEM.

UNNES sebagai LPTK yang mempunyai visi internasional, perlu menjalin kerjasama dengan mitra sekolah Indonesia di luar negeri dalam peningkatan kompetensi inovasi pembelajaran sains berbasis STEM untuk guru pengajar sains SD, SMP dan SMA di SIKL. Oleh karena itu tim pengabdian melaksanakan kegiatan pengabdian masyarakat dengan memberikan solusi melalui pelatihan dan pendampingan pembelajaran sains berbasis STEM pada guru pengajar sains SD/SMP/SMA di SIKL.

Berdasarkan permasalahan yang telah teridentifikasi dan setelah mengkaji potensi sumber daya sarana dan prasarana juga sumber daya manusia, solusi yang ditawarkan dan telah disepakati bersama dengan mitra adalah kegiatan pelatihan dan pendampingan pembelajaran sains berbasis STEM bagi guru

SD, SMP dan SMA di SIKL.

STEM saat ini diadopsi oleh banyak negara sebagai inovasi pendidikan, sehingga muncul sebagai gerakan global untuk menjembatani kesenjangan antara kebutuhan dan ketersediaan keahlian yang diperlukan di Abad ke-21 (Atabey & Topcu, 2021; Navy, dkk., 2021). Kurikulum yang berlaku di Indonesia tidak akan dapat mengatasi permasalahan kualitas sumberdaya manusia yang berdaya saing global, jika tidak secara sistematis menyiapkan peserta didik mengembangkan pengetahuan, keterampilan dan sikap yang dipersyaratkan dunia kerja abad ke-21 (*critical thinking, creativity and inovation, collaboration, dan communication*), sebagaimana diwujudkan dalam Pendidikan STEM. Untuk mengatasi permasalahan tersebut pembelajaran dengan pendekatan STEM bisa menjadi kunci bagi menciptakan generasi penerus bangsa yang mampu bersaing di kancah global. Oleh sebab itu, STEM perlu diimplementasikan dalam proses pembelajaran sains. Solusi yang ditawarkan kepada permasalahan mitra yaitu pelaksanaan kegiatan PKM bagi guru sains di SIKL.

Tujuan dari kegiatan PKM ini adalah menyelenggarakan pelatihan dan pendampingan mengajar sains berpendekatan STEM bagi guru sains di SIKL dengan model *Action Learning* berbasis fasilitasi. Tujuan khususnya adalah (1) meningkatkan kompetensi guru sains di SIKL dalam merancang kegiatan pembelajaran sains berbasis STEM, dan (2) meningkatkan pengetahuan guru sains dalam memanfaatkan sumber-sumber belajar yang dapat digunakan dalam pembelajaran sains berbasis STEM.

Manfaat kegiatan PKM adalah (1) terjalannya kerjasama perguruan tinggi, dalam hal ini UNNES, dengan sekolah Indonesia di luar negeri (SIKL). (2) Bertambahnya wawasan guru mengenai pembelajaran berbasis STEM. (3) Meningkatnya keterampilan guru dalam merencanakan dan menyusun perangkat pembelajaran berbasis STEM. (4) Bertambahnya sumber-sumber belajar yang dapat digunakan untuk mengimplementasikan pembelajaran sains berbasis STEM.

METODE

Kegiatan pelatihan dan pendampingan dilakukan di SIKL-Malaysia. Metode

pemecahan masalah mitra, dengan menyelenggarakan pelatihan terprogram. Desain metode pemecahan mengacu pada model yang dikembangkan oleh Rusilowati & Cahyono (2018), yaitu *Action Learning* berbasis fasilitasi. Kegiatan *action learning* berbasis fasilitasi dibagi menjadi tiga tahapan yaitu; persiapan, pelaksanaan dan evaluasi. Kegiatan dilaksanakan dengan partisipasi dari mitra, serta dilakukan secara kolaborasi partisipatif tim pelaksana dan mitra, baik dalam tahap persiapan, pelaksanaan, ataupun evaluasi.

Tahap persiapan

Kegiatan persiapan diawali dengan pelaksanaan koordinasi tim dosen pengabdian masyarakat dengan pengelola SIKL, mencakup tentang desain penyelenggaraan pelatihan/pembimbingan, pelatihan diselenggarakan di SIKL secara luring, penyusunan jadwal pelaksanaan pembimbingan secara online. Persiapan juga dilakukan untuk menyusun materi pelatihan inovasi pembelajaran sains berbasis STEM, menentukan topik materi pembelajaran sains berbasis STEM untuk ditawarkan kepada guru mitra SIKL, menyiapkan materi, alat peraga sains dan sumber sumber belajar untuk kegiatan pelatihan dan pendampingan bersama mitra SIKL.

Tahap pelaksanaan

Kegiatan pelaksanaan dilaksanakan secara offline/luring di SIKL dan online/daring. Pelaksanaan secara luring berupa pelatihan inovasi pembelajaran sains berbasis STEM bagi guru sains di SIKL. Kegiatan dilaksanakan dengan partisipasi aktif peserta (guru SIKL) dalam bentuk tanya jawab, diskusi dan praktik penerapan STEM dalam pembelajaran IPA. Praktik STEM ada dua kegiatan yaitu *drop egg challenge* dan *straw bridge*. Pelaksanaan secara daring berupa pendampingan menyusun perangkat pembelajaran sains berbasis STEM oleh guru SIKL, dan pelaksanaan proses pembelajaran dengan memanfaatkan sumber-sumber belajar berbasis STEM. Pada tahap ini juga dilakukan pendokumentasian kegiatan pelaksanaan pengabdian kepada masyarakat di SIKL.

Tahap Evaluasi

Evaluasi pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat, dilakukan terhadap perubahan keterampilan guru SIKL dalam merancang dan mengimplementasikan inovasi pembelajaran sains berbasis STEM dengan menggunakan sumber-sumber belajar yang tersedia. Evaluasi juga dilakukan untuk menganalisis keberhasilan model *action learning* berbasis fasilitasi dalam pelaksanaan pengabdian kepada Masyarakat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil kegiatan dipaparkan sesuai dengan tujuan kegiatan, mencakup penyelenggaraan pelatihan dan pendampingan mengajar sains berpendekatan STEM bagi guru sains di SIKL, peningkatan kompetensi guru sains di SIKL dalam merancang kegiatan pembelajaran sains berbasis STEM, dan peningkatan pengetahuan guru sains dalam memanfaatkan sumber-sumber belajar yang dapat digunakan dalam pembelajaran sains berbasis STEM.

Penyelenggaraan pelatihan dan pendampingan mengajar sains berpendekatan STEM bagi guru di SIKL

Sesuai dengan metode pelatihan Action Learning, hasil setiap tahapannya di uraian berikut. Koordinasi dengan SIKL telah dilaksanakan melalui koordinator yang ditunjuk oleh kepala sekolah SIKL, yaitu Ibu Lina Hasna, M. Pd. Tim pengabdian FMIPA UNNES selanjutnya mempersiapkan rancangan materi dan kegiatan untuk melatih pembelajaran sains berbasis STEM bagi guru di SIKL. Pelaksanaan pelatihan secara tatap muka (luring) tentang Inovasi Pembelajaran Sains Berbasis STEM untuk Guru SD, SMP, dan SMA di pada hari Rabu, tanggal 12 Juli 2023. Kegiatan dilanjutkan secara tatap maya (daring) dalam bentuk pendampingan/fasilitasi. Kegiatan ini merupakan salah satu bagian dari tri darma perguruan tinggi yaitu kegiatan pengabdian kepada masyarakat (PkM) luar negeri. Tim Pengabdian terdiri atas tiga orang dosen yaitu Prof. Dr. Sugianto, M.Si., Prof. Dr. Ani Rusilowati M.Pd., dan Arif Widiyatmoko, Ph.D. Tim diterima dengan baik oleh kepala sekolah, Ibu Friny Napasti, S.Pd., M.Pd. Kegiatan diawali dengan penandatanganan IA (Gambar 1a), penyerahan cinderamata, dan penyerahan sertifikat.

Kegiatan pelatihan diawali dengan pembukaan

oleh Kepala Sekolah SIKL, dilanjutkan dengan pemaparan materi oleh Prof. Dr. Ani Rusilowati, M. Pd tentang Pembelajaran STEM dan Evaluasinya. Arif Widiyatmoko, Ph.D. memaparkan tentang praktik inovasi pembelajaran sains berbasis STEM. Kegiatan dilaksanakan secara interaktif antara peserta dengan pemateri. Keterlibatan aktif dalam melaksanakan proyek

STEM membuat guru antusias dalam melaksanakan kegiatan. Percobaan STEM yang dilakukan oleh guru ada 2 yaitu *drop egg challenge* dan *straw bridge*. Guru-guru yang terlibat kegiatan ini sangat antusias dan tertarik untuk mencoba inovasi pembelajaran berbasis STEM tersebut (Gambar 1 b).



a



b

Gambar 1a. Penandatanganan IA oleh Kepala Sekolah SIKL

Gambar 1b. Keceriaan Kelompok Guru sedang Mengerjakan Proyek STEM *Straw Bridge*

Tahap pendampingan pengembangan perangkat pembelajaran dilaksanakan secara daring menggunakan moda e-mail, *Whatsap* dan *zoom*. Tidak semua guru peserta pelatihan memanfaatkan pendampingan ini. Beberapa melakukan pendampingan atas nama kelompok. Semoga apa yang telah dikembangkan oleh beberapa peserta pelatihan menjadi contoh bagi guru lain. Kegiatan evaluasi dan monitoring kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilakukan secara luring pada tanggal 25 Juli 2023. Berdasarkan koordinasi dengan kepala sekolah, diperoleh simpulan bahwa kegiatan yang dilakukan tim PPM FMIPA UNNES yang diketuai Prof. Dr. Sugianto, M. Si. mampu menginspirasi guru untuk berinovasi dalam melaksanakan pembelajaran Sains.

Peningkatan Kompetensi Guru di SIKL dalam Merancang Kegiatan Pembelajaran Sains Berbasis STEM

Tujuan kegiatan pengabdian ini adalah agar guru di SIKL memiliki pengetahuan dan keterampilan untuk berinovasi dalam pembelajaran sains berbasis STEM. Salah satu bentuk reformasi pendidikan yang dapat membantu guru dalam mengatasi permasalahan di abad 21 adalah menggunakan pendekatan STEM. Pendekatan ini menuntun pola pikir siswa seperti ilmuwan. Melalui pembelajaran sains berbasis STEM, siswa dituntun untuk menjadi pemecah masalah, penemu, innovator, mandiri, berpikir logis, melek teknologi, dan mampu

menghubungkan pendidikan STEM dengan dunia kerjanya. Penting bagi guru untuk mengimplementasikan pembelajaran sains berbasis STEM saat ini.

Keterampilan yang dibekalkan kepada guru SIKL adalah merancang pembelajaran Sains berpendekatan STEM. Model pembelajaran yang dicontohkan kepada peserta pelatihan adalah pembelajaran proyek berpendekatan STEM. Langkah pembelajaran diawali dengan penyampaian masalah, peserta diminta untuk merancang penyelesaian masalah melalui kegiatan proyek. Proyek pertama adalah membuat pelindung benda, agar tidak mudah pecah ketika jatuh dari ketinggian . atau terkena guncangan. Proyek tersebut adalah *drop egg chelenge*. Proyek ke-dua adalah meningkatkan keterampilan engineering siswa, melalui proyek *straw bridge*, yaitu merancang jembatan menggunakan bahan dari sedotan. Peserta diberi kebebasan untuk mendesain jembatan dengan berbagai model, bentuk, jumlah sedotan yang digunakan, dll. Dengan pengalaman ini, harapannya guru peserta pelatihan dapat menerapkannya dalam pembelajaran.

Pembelajaran berpendekatan STEM mendorong siswa untuk memiliki keterampilan riset. Siswa dapat memanipulasi variabel untuk memperoleh hasil desain enjinerig yang optimal. Pendekatan STEM memadukan dua atau lebih komponen STEM atau antara satu komponen STEM dengan disiplin ilmu lain (Becker & Park, 2011). Kolaborasi dalam pembelajaran STEM

akan membantu siswa dalam mengumpulkan dan menganalisis serta memecahkan permasalahan yang terjadi dan mampu memahami keterkaitan antara suatu permasalahan dengan permasalahan lainnya (Asghar, dkk., 2012). Pembelajaran menggunakan pendekatan STEM secara langsung memberikan latihan kepada peserta didik untuk dapat mengintegrasikan setiap aspek sekaligus (Stohlmann, 2021), melakukan praktik secara autentik sehingga dapat meningkatkan minat belajar peserta didik (Beers, 2011). Pembelajaran dengan pendekatan STEM dapat melatih peserta didik dalam menerapkan ilmu yang dipelajari di sekolah dengan fenomena yang terjadi di dunia nyata. STEM telah digunakan oleh banyak negara dan dimaksudkan untuk meningkatkan multidimensi kompetensi (Kelley & Knowles, 2016). STEM dapat dipadukan dengan konteks lain, seperti sosial, kultural, dan fungsional (Roberts, 2012; Eroglu & Bektas, 2016).

Peningkatan Pengetahuan Guru dalam Memanfaatkan Sumber Belajar untuk Pembelajaran Sains Berbasis STEM.

Pelatihan untuk meningkatkan pengetahuan guru tentang inovasi pembelajaran berbasis STEM telah dikemas dengan model action learning berbasis fasilitasi. Contoh pemanfaatan sumber belajar menggunakan IT, bahan yang ada di lingkungan sekitar, bahan sederhana yang dapat digunakan untuk memperjelas pemahaman konsep telah disampaikan oleh fasilitator. Secara riil, pemanfaatan IT berupa tayangan video dan bahan sederhana dari sedotan plastik, kardus bekas, karet gelang, telur sudah didemonstrasikan dan dicoba langsung oleh peserta pelatihan (guru). Setidaknya ide kegiatan pembelajaran yang mengaktifkan siswa oleh guru telah bertambah. Hasil testimoni dari setiap kelompok menunjukkan bahwa, pelatihan ini menginspirasi untuk menerapkan STEM dengan peralatan sederhana. Mereka berpendapat, bahwa dengan model pembelajaran yang seperti ini, siswa pasti akan antusias dan tidak merasa bosan.

Peningkatan pengetahuan guru terhadap pemanfaatan sumber belajar untuk membelajarkan Sains berbasis STEM dapat dilihat dari rancangan pembelajaran yang telah disusun. Hasil pendampingan kepada peserta pelatihan dapat disimpulkan bahwa guru telah mampu memanfaatkan sumber belajar untuk dalam merancang pembelajaran Sains berbasis STEM. Beberapa rancangan pembelajaran Sains berbasis STEM masih setipe dengan contoh, dengan desain enjineri yang memanfaatkan bahan yang

berbeda. Contohnya, guru memanfaatkan *stereofom* untuk menggantikan kardus, ada yang menggunakan parasut plastik untuk menahan jatuhnya telur pada proyek *drop egg challenge*. Intinya, pembelajaran Sains sangat erat dengan STEM. Hal ini sesuai dengan pendapat Jin (2021). Integrasi STEM ke mata pelajaran sains dimaksudkan agar siswa siap menghadapi realitas tantangan di masa yang akan datang (Zhan, dkk. 2021). Pada implementasi pembelajaran sains berbasis STEM, guru dituntut memiliki kompetensi abad 21, yaitu (1) kemampuan membuat perangkat pembelajaran yang mengintegrasikan unsur-unsur STEM ke mata pelajaran sains, dan (2) penguasaan materi sains (*subject matter*) yang sesuai dengan perkembangan zaman (Garzon, 2020). Guru di abad 21 juga dituntut untuk mampu membuat konten bahan ajar berbasis STEM yang menarik, edukatif, dan interaktif (Khodijah, 2018).

SIMPULAN

Hasil kegiatan pengabdian di SIKL dapat disimpulkan bahwa, telah terjalin kerjasama UNNES dengan SIKL. Guru Indonesia yang mengajar di Malaysia telah memiliki keterampilan merancang pembelajaran yang dapat mengaktifkan siswa dan berpendekatan STEM. Guru dapat menggunakan pendekatan STEM untuk melatih siswa untuk melek sains, teknologi, engineering dan matematika. Guru SIKL telah memiliki pengetahuan tentang pemanfaatan bahan dan alat sederhana dalam membuat rancangan teknologi. Proyek STEM yang dicontohkan kepada guru ada 2 yaitu *drop egg challenge* dan *straw bridge*. Guru-guru yang terlibat kegiatan ini sangat antusias dan tertarik untuk mencoba inovasi pembelajaran berbasis STEM tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kegiatan pengabdian kepada Masyarakat ini dibiayai dengan dana DIPA FMIPA UNNES tahun 2023. Kami mengucapkan terima kasih atas bantuan pendanaannya.

DAFTAR PUSTAKA

Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM Education in Secondary Science Contexts. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning*. **6**(2), 85-125.

- Atabey, N., & Topcu, M. S. (2021). The Relationship between Turkish Middle School Students' 21st Century Skills and STEM Career Interest: Gender Effect. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 7(2), 86-103.
- Becker K, & Park K. Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*. 12(5), 23-37 (2011).
- Beers, S. Z. (2011). *What are the skills students will need in the 21 st century?* pp. 1–6.
- El Nagdi, M., Leammukda, F., & Roehrig, G. (2018). Developing identities of STEM teachers at emerging STEM schools. *International journal of STEM education*, 5(1), 1-13.
- Eroglu, S., & Bektas, O. (2016). Ideas of Science Teachers Took STEM Education about STEM Based Activities. *Journal of Qualitative Research in Education* 4(3), 43-67.
- Garzon Artacho, E., Martínez, T. S., Ortega Martin, J. L., Marin Marin, J. A., & Gomez Garcia, G. (2020). Teacher training in lifelong learning—The importance of digital competence in the encouragement of teaching innovation. *Sustainability*, 12(7), 2852.
- Jin, Q. (2021). Supporting Indigenous Students in Science and STEM Education: A Systematic Review. *Education Sciences*, 11(9), 555.
- Kartal, B., & Tasdemir, A. (2021). Pre-Service Teachers' Attitudes towards STEM: Differences Based on Multiple Variables and the Relationship with Academic Achievement. *International Journal of Technology in Education*, 4(2), 200-228.
- Kelley, T. R. & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM educations. *International Journal of STEM Education*. 3: 11.
- Khodijah, S. (2018). Telaah Kompetensi Guru di Era Digital dalam Memenuhi Tuntutan Pendidikan Abad Ke-21. *Journal of Islamic Education Policy*, 3(1).
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7(1), 1-16.
- Navy, S. L., Kaya, F., Boone, B., Brewster, C., Calvelage, K., Ferdous, T., ... & Zimmerman, M. (2021). “Beyond an acronym, STEM is...”: Perceptions of STEM. *School Science and Mathematics*, 121(1), 36-45.
- Roberts A. (2012). A Justification for STEM Education. *Technology and Engineering Teacher*. 74(8), 1-5.
- Rusilowati, A. & Cahyono, E. (2012). Pengembangan Model Pelatihan Berpendekatan Action Learning Berbasis Fasilitasi untuk Meningkatkan Profesionalisme Guru dalam Melaksanakan Penelitian Tindakan Kelas. Laporan Penelitian. Semarang: LP2M Unnes.
- Stohlmann, M. (2021). *Integrated STEM education through game-based learning*. 12(1), 2238–2242.
- Sullivan, K., Bray, A., & Tangney, B. (2021). Developing twenty-first-century skills in out-of-school education: the Bridge21 Transition Year programme. *Technology, Pedagogy and Education*, 30(4), 525-541.
- Supena, I., Darmuki, A., & Hariyadi, A. (2021). The Influence of 4C (Constructive, Critical, Creativity, Collaborative) Learning Model on Students' Learning Outcomes. *International Journal of Instruction*, 14(3), 873-892.
- Yamada, A. (2021). Japanese Higher Education: The Need for STEAM in Society 5.0, an Era of Societal and Technological Fusion. *Journal of Comparative and International Higher Education*, 13(1), 44-65.
- Zhan, X., Sun, D., Wan, Z. H., Hua, Y., & Xu, R. (2021). Investigating teacher perceptions of integrating engineering into science education in mainland China. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 19(7), 1397-1420.