

Pemanfaatan Potensi Seni dan Kreativitas dalam Pembelajaran STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)

Baso Intang Sappaile

Universitas Negeri Makassar dan baso.sappaile@unm.ac.id

Info Artikel

Article history:

Received Juni, 2023

Revised Juni, 2023

Accepted Juni, 2023

Kata Kunci:

Potensi, Seni, Kreativitas,
Pembelajaran, Science,
Technology, Engineering,
Mathematics, Pendidikan

Keywords:

Potential, Art, Creativity,
Learning, Science, Technology,
Engineering, Mathematics,
Education

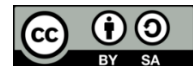
ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji pemanfaatan potensi seni dan kreativitas dalam pembelajaran STEM (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika) di lembaga pendidikan tinggi di Sukabumi. Melalui pendekatan metode campuran, termasuk survei, wawancara, dan observasi kelas, data dikumpulkan dari para pendidik dan siswa. Temuan menunjukkan bahwa ada pengakuan akan manfaat integrasi seni dalam pendidikan STEM, seperti menumbuhkan kreativitas, meningkatkan kemampuan berpikir kritis, dan mempromosikan kolaborasi interdisipliner. Namun, tantangan seperti sumber daya yang terbatas dan kebutuhan akan pengembangan profesional juga diidentifikasi. Hasil penelitian menyoroti pentingnya mengatasi tantangan-tantangan ini untuk mengintegrasikan seni secara efektif ke dalam pendidikan STEM. Implikasi dari temuan-temuan tersebut dibahas, dan rekomendasi diberikan untuk meningkatkan integrasi potensi seni dan kreativitas dalam pembelajaran STEM di institusi pendidikan tinggi di Sukabumi.

ABSTRACT

This research examines the potential utilization of arts and creativity in STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) learning in higher education institutions in Sukabumi. Through a mixed-methods approach, including surveys, interviews and classroom observations, data was collected from educators and students. The findings show that there is recognition of the benefits of arts integration in STEM education, such as fostering creativity, improving critical thinking skills, and promoting interdisciplinary collaboration. However, challenges such as limited resources and the need for professional development were also identified. The results highlight the importance of addressing these challenges to effectively integrate arts into STEM education. The implications of the findings are discussed, and recommendations are provided to enhance the potential integration of arts and creativity in STEM learning in higher education institutions in Sukabumi.

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



Corresponding Author:

Name: Baso Intang Sappaile

Affiliation: Universitas Negeri Makassar

Email: baso.sappaile@unm.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran STEM adalah singkatan dari pembelajaran Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika. Pembelajaran STEM adalah pendekatan interdisipliner terhadap pendidikan yang

mengintegrasikan keempat mata pelajaran ini untuk membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kolaborasi (Khaolok & Chaiyasung, 2020). Pembelajaran STEM dapat diterapkan di berbagai jenjang pendidikan, mulai dari PAUD hingga SMA (Hu & Yelland, 2019). Pembelajaran STEM dapat diintegrasikan ke dalam berbagai mata pelajaran, seperti matematika, sains, dan teknologi, untuk membantu siswa memahami aplikasi dunia nyata dari mata pelajaran ini (Khaolok & Chaiyasung, 2020). Pembelajaran STEM dapat diimplementasikan dengan berbagai cara, seperti melalui pendekatan yang berpusat pada siswa seperti pembelajaran berbasis masalah, diskusi, dan eksperimen dalam kelompok-kelompok kecil (Khaolok & Chaiyasung, 2020). Pembelajaran STEM juga dapat dinilai dengan berbagai metode, seperti kuesioner, observasi, dan dokumentasi (Dewanti & Santoso, 2020). Singkatnya, pembelajaran STEM adalah pendekatan interdisipliner terhadap pendidikan yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika untuk membantu siswa mengembangkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kolaborasi. Pembelajaran ini dapat diterapkan di berbagai tingkat pendidikan dan diimplementasikan dengan berbagai cara (A'la et al., 2023; Erlinawati et al., 2019; Rustaman & Lufri, 2016).

Pembelajaran STEM (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika) dapat memperoleh manfaat dari penggabungan kreativitas dan seni. Klub STEM dapat menumbuhkan kreativitas siswa dengan menyediakan kegiatan pembelajaran yang integratif (Van Anh et al., 2022). Klub STEM dapat menjadi program setelah jam sekolah yang inklusif yang berfungsi sebagai payung untuk kegiatan inovatif seperti pemrograman, robotika pendidikan, STEM, STEAM (Sains, Teknologi, Teknik, Seni, dan Matematika), dan ESTEAM (Kewirausahaan - Sains - Teknologi - Teknik - Seni - Matematika) (Misthou et al., 2021).

Pembelajaran berbasis STEM dapat meningkatkan kreativitas siswa dalam mengeksplorasi dan memaksimalkan potensi lingkungan lahan basah di sekitarnya (Susilowati et al., 2020). Studi ini menemukan bahwa kreativitas merupakan faktor kunci dalam integrasi sains, teknologi, teknik, dan matematika, serta penerapannya dalam memecahkan masalah di lingkungan lahan basah. Sebuah studi kuasi-eksperimental menemukan bahwa intervensi Modul Kreativitas STEM Prasekolah memberikan dampak positif terhadap perkembangan kreativitas anak-anak (Amran et al., 2021). Intervensi ini membantu meningkatkan tingkat kreativitas anak-anak dalam hal fleksibilitas, kefasihan, orisinalitas, dan elaborasi. AI percakapan tingkat lanjut seperti ChatGPT dan Bing Chat dapat digunakan sebagai "objek untuk dipikirkan" untuk mendorong pemikiran reflektif dan kritis, kreativitas, keterampilan pemecahan masalah, dan pemahaman konsep dalam meningkatkan pendidikan STEM (Vasconcelos & Santos, 2023). Namun, mengintegrasikan AI dengan pembelajaran kolaboratif dan kegiatan pendidikan lainnya sangat penting, seperti halnya mengatasi potensi keterbatasan seperti kekhawatiran tentang keakuratan informasi AI dan keandalan informasi AI dan berkurangnya interaksi manusia. Memasukkan kreativitas dan seni ke dalam pembelajaran STEM dapat memberikan struktur interaksi sosial di antara siswa, teman sebaya, dan profesional STEM yang bermanfaat bagi siswa untuk memperoleh literasi komputasi dan ketekunan dalam disiplin ilmu (Misthou et al., 2021). Pembelajaran STEM dapat ditingkatkan dengan memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengembangkan keterampilan kreativitas mereka, yang dapat ditingkatkan dengan belajar STEM (Amran et al., 2021).

Di dunia yang berkembang pesat saat ini, permintaan akan individu yang terampil di bidang Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika (STEM) tumbuh secara eksponensial. Namun,

pendekatan tradisional terhadap pendidikan STEM sering kali hanya berfokus pada pengetahuan teknis dan mengabaikan pentingnya kreativitas dan ekspresi artistik. Akibatnya, siswa mungkin kesulitan untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah yang diperlukan untuk inovasi dan kesuksesan dalam karir STEM. Untuk mengatasi kesenjangan ini, para pendidik dan peneliti telah mulai mengeksplorasi integrasi seni ke dalam pembelajaran STEM, mengakui potensi disiplin seni untuk menumbuhkan kreativitas, imajinasi, dan pemikiran holistik. Meskipun integrasi seni dan pendidikan STEM telah mendapatkan daya tarik dalam berbagai konteks pendidikan, penerapannya di lembaga pendidikan tinggi di Sukabumi sebagian besar masih belum di eksplorasi.

Sukabumi, salah satu kota yang dinamis di Indonesia, merupakan rumah bagi beberapa institusi pendidikan tinggi yang memainkan peran penting dalam membentuk tenaga kerja di masa depan. Memahami pemanfaatan potensi seni dan kreativitas dalam pembelajaran STEM dalam konteks khusus ini sangat penting untuk meningkatkan kualitas pendidikan dan mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan di abad ke-21. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki pemanfaatan potensi seni dan kreativitas dalam pembelajaran STEM di lembaga pendidikan tinggi di Sukabumi.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengadopsi desain penelitian dengan metode campuran, yang menggabungkan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk menyelidiki secara komprehensif pemanfaatan potensi seni dan kreativitas dalam pembelajaran STEM di lembaga pendidikan tinggi di Sukabumi. Desain ini memungkinkan pemahaman yang lebih holistik tentang topik penelitian dan memberikan dasar yang kuat untuk menarik kesimpulan yang bermakna (Sugiyono, 2016).

Partisipan dalam penelitian ini mencakup pendidik dan siswa dari institusi pendidikan tinggi terpilih di Sukabumi yang memiliki pengalaman dengan integrasi seni dalam pendidikan STEM. Teknik pengambilan sampel purposif digunakan untuk memastikan bahwa para peserta memiliki pengetahuan dan wawasan yang relevan. Ukuran sampel ditentukan berdasarkan kejenuhan, yang terjadi ketika tidak ada informasi atau tema baru yang muncul dari data.

Pengumpulan Data

Berbagai metode pengumpulan data digunakan untuk mengumpulkan informasi yang komprehensif dan beragam tentang pemanfaatan potensi seni dan kreativitas dalam pembelajaran STEM.

Kuesioner survei terstruktur diberikan kepada para pendidik untuk mengumpulkan data kuantitatif tentang praktik, pendekatan, dan persepsi mereka saat ini mengenai integrasi seni dalam pendidikan STEM. Survei ini mencakup pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan jenis kegiatan seni yang digunakan, manfaat dan tantangan yang dirasakan, serta dampaknya terhadap kreativitas dan kemampuan pemecahan masalah siswa. Tanggapan survei dianalisis menggunakan statistik deskriptif, yang memungkinkan identifikasi tren dan pola.

Wawancara

Wawancara semi-terstruktur dilakukan dengan sebagian pendidik dan siswa untuk mendapatkan data kualitatif yang kaya. Wawancara menggali lebih dalam pengalaman, perspektif, dan tantangan peserta terkait integrasi seni dalam pembelajaran STEM. Pertanyaan terbuka

digunakan untuk mendorong peserta mengekspresikan pemikiran mereka secara bebas. Wawancara direkam secara audio dan di transkrip kata demi kata untuk memfasilitasi analisis yang akurat. Analisis tematik, bersama dengan teknik pengkodean dan kategorisasi, digunakan untuk mengidentifikasi tema dan pola yang berulang dalam data.

Observasi kelas dilakukan untuk mendapatkan wawasan langsung tentang implementasi integrasi seni dalam lingkungan pembelajaran STEM. Pengamatan ini memberikan pemahaman kontekstual tentang strategi, kegiatan, dan interaksi yang terjadi selama pelajaran STEM yang diintegrasikan dengan seni. Catatan lapangan yang terperinci dibuat selama pengamatan, menangkap pengamatan utama dan praktik-praktik penting.

Analisis Data

Data yang terkumpul dianalisis dengan menggunakan teknik analisis kuantitatif dan kualitatif.

Analisis Kuantitatif: Data survei dianalisis menggunakan statistik deskriptif, seperti frekuensi, persentase, dan rata-rata, untuk meringkas dan menginterpretasikan tanggapan. Analisis ini memberikan gambaran kuantitatif tentang praktik, manfaat, dan tantangan saat ini yang terkait dengan integrasi seni dalam pembelajaran STEM.

Analisis Kualitatif: Transkrip wawancara dan catatan lapangan dari observasi kelas dianalisis secara tematik. Proses ini melibatkan identifikasi tema-tema yang berulang, pengkodean data, dan pengembangan kategori-kategori yang bermakna untuk menangkap esensi dari pengalaman dan perspektif para peserta. Analisis kualitatif memberikan wawasan yang mendalam dan pemahaman yang bernuansa tentang pemanfaatan potensi seni dan kreativitas dalam pembelajaran STEM.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Analisis Kuantitatif Data Survei

Analisis data survei mengungkapkan wawasan yang berharga tentang pemanfaatan potensi seni dan kreativitas dalam pembelajaran STEM di lembaga pendidikan tinggi di Sukabumi. Tanggapan survei diperoleh dari kelompok pendidik yang beragam, memberikan gambaran yang komprehensif tentang praktik dan persepsi saat ini dalam konteks ini.

Menurut hasil survei, sebagian besar pendidik di lembaga pendidikan tinggi di Sukabumi mengakui pentingnya mengintegrasikan seni ke dalam pendidikan STEM. Mereka melaporkan bahwa mereka telah memasukkan berbagai bentuk seni, termasuk seni visual, musik, tari, dan teater, ke dalam pelajaran STEM. Manfaat yang paling sering dikutip dari integrasi seni adalah menumbuhkan kreativitas dan inovasi, meningkatkan keterampilan berpikir kritis, dan mempromosikan kolaborasi interdisipliner. Para pendidik juga mengakui bahwa integrasi seni dapat meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa dalam mata pelajaran STEM.

Namun, data survei juga mengungkapkan beberapa tantangan yang dihadapi oleh para pendidik dalam mengimplementasikan integrasi seni dalam pembelajaran STEM. Tantangan yang paling banyak dilaporkan adalah terbatasnya ketersediaan sumber daya, seperti perlengkapan dan peralatan seni, serta kurangnya pelatihan dan peluang pengembangan profesional yang berfokus pada integrasi seni dalam pendidikan STEM. Para pendidik juga menyatakan kesulitan dalam menilai dampak integrasi seni pada hasil belajar siswa.

Analisis Kualitatif Data Wawancara

Analisis kualitatif dari wawancara memberikan wawasan yang lebih dalam tentang pengalaman dan perspektif pendidik dan siswa mengenai pemanfaatan potensi seni dan kreativitas dalam pembelajaran STEM. Wawancara mengungkap narasi dan tema yang kaya yang menjelaskan dampak integrasi seni dalam konteks ini.

Para pendidik dan siswa menyatakan sikap positif terhadap pembelajaran STEM yang dipadukan dengan seni. Mereka menekankan bahwa integrasi seni memungkinkan pemahaman yang lebih holistik tentang konsep STEM yang kompleks dengan melibatkan kreativitas, imajinasi, dan keterampilan berpikir kritis siswa. Para pendidik melaporkan bahwa mereka mengamati peningkatan kemampuan pemecahan masalah dan antusiasme yang lebih besar di antara para siswa ketika seni dimasukkan ke dalam pelajaran STEM. Para siswa juga mengungkapkan rasa senang dan motivasi yang tinggi, mencatat bahwa pembelajaran STEM yang dipadukan dengan seni membuat mata pelajaran tersebut lebih mudah dipahami dan diakses.

Meskipun wawancara mengungkapkan beberapa manfaat, mereka juga menyoroti tantangan yang dihadapi oleh para pendidik. Tantangan-tantangan ini termasuk keterbatasan waktu dalam kurikulum untuk memasukkan kegiatan seni, resistensi terhadap perubahan dari metode pengajaran tradisional, dan kebutuhan akan dukungan dan sumber daya tambahan untuk mengimplementasikan integrasi seni secara efektif dalam pelajaran STEM. Para pendidik menekankan pentingnya peluang pengembangan profesional dan kolaborasi dengan spesialis seni untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan mereka dalam mengintegrasikan seni ke dalam pendidikan STEM.

Pengamatan dan Analisis Kelas

Pengamatan yang dilakukan di ruang kelas memberikan wawasan yang berharga tentang implementasi aktual integrasi seni dalam lingkungan pembelajaran STEM. Pengamatan tersebut menangkap interaksi dinamis, strategi pengajaran, dan keterlibatan siswa selama pelajaran STEM yang dipadukan dengan seni.

Analisis dari hasil pengamatan tersebut mengungkapkan berbagai pendekatan pengajaran inovatif yang mengintegrasikan seni dan elemen STEM. Pendekatan tersebut meliputi pembelajaran berbasis proyek, kerja kelompok kolaboratif, dan kegiatan langsung yang mendorong siswa untuk ber eksplorasi, ber eksperimen, dan berpikir kreatif. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pelajaran STEM yang dipadukan dengan seni menciptakan lingkungan belajar yang hidup dan interaktif, mendorong peningkatan keterlibatan siswa, komunikasi, dan pemikiran kritis. Siswa menunjukkan tingkat partisipasi, kolaborasi, dan pemecahan masalah yang lebih tinggi selama pelajaran ini.

Sintesis Temuan

Sintesis dari temuan kuantitatif dan kualitatif menyoroti dampak positif dari integrasi seni dalam pembelajaran STEM di institusi pendidikan tinggi di Sukabumi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi potensi seni dan kreativitas dalam pendidikan STEM meningkatkan kreativitas, kemampuan berpikir kritis, dan kemampuan pemecahan masalah siswa. Hal ini juga mendorong kolaborasi interdisipliner, keterlibatan, dan motivasi di antara para siswa.

Namun, temuan ini juga menggarisbawahi tantangan yang dihadapi para pendidik dalam mengimplementasikan integrasi seni dalam pembelajaran STEM, termasuk sumber daya yang

terbatas, kurangnya pelatihan, dan keterbatasan waktu dalam kurikulum. Tantangan-tantangan ini menyoroti perlunya dukungan dan sumber daya untuk memfasilitasi implementasi integrasi seni yang efektif dalam pendidikan STEM.

Hasil penelitian ini berkontribusi pada pengetahuan yang terus berkembang mengenai pemanfaatan potensi seni dan kreativitas dalam pembelajaran STEM di perguruan tinggi. Temuan ini memberikan wawasan yang berharga khusus untuk konteks Sukabumi dan dapat menginformasikan kebijakan pendidikan, pengembangan kurikulum, dan praktik instruksional di lembaga pendidikan tinggi. Bagian selanjutnya akan membahas implikasi dari temuan-temuan tersebut dan memberikan rekomendasi untuk mengintegrasikan potensi seni dan kreativitas dalam pembelajaran STEM di institusi pendidikan tinggi di Sukabumi.

Pembahasan

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menekankan manfaat integrasi seni dalam pendidikan STEM (Hughes et al., 2022; Juškevičienė et al., 2021; Khaolok & Chaiyasung, 2020; Misthou et al., 2021; Rule, 2016; Townsley, 2017; Triastuti, 2021). Integrasi seni memungkinkan pemahaman yang lebih holistik tentang konsep STEM yang kompleks dan mendorong kreativitas, pemikiran kritis, dan keterampilan pemecahan masalah di kalangan siswa. Para pendidik dan siswa di institusi pendidikan tinggi di Sukabumi mengakui dampak positif dari integrasi seni, dengan mengungkapkan peningkatan keterlibatan, kesenangan, dan motivasi dalam mata pelajaran STEM.

Namun, penelitian ini juga mengungkapkan tantangan yang menghambat integrasi seni yang efektif dalam pembelajaran STEM. Sumber daya yang terbatas, termasuk perlengkapan dan peralatan seni, menjadi kendala bagi para pendidik dalam mengimplementasikan pelajaran STEM yang dipadukan dengan seni. Selain itu, kurangnya pelatihan dan kesempatan pengembangan profesional bagi para pendidik dalam mengintegrasikan seni ke dalam pendidikan STEM membutuhkan dukungan dan inisiatif pengembangan kapasitas. Temuan-temuan ini menyoroti perlunya dukungan institusional, kolaborasi antara fakultas seni dan STEM, dan alokasi sumber daya untuk memfasilitasi integrasi seni yang sukses dalam pembelajaran STEM.

Pengamatan yang dilakukan di ruang kelas memberikan wawasan yang berharga tentang implementasi praktis integrasi seni dalam pelajaran STEM. Pendekatan pengajaran inovatif yang diamati, seperti pembelajaran berbasis proyek dan kerja kelompok kolaboratif, menunjukkan potensi pembelajaran STEM yang dipadukan dengan seni untuk menciptakan lingkungan belajar yang dinamis dan interaktif. Pengamatan ini mendukung gagasan bahwa integrasi seni dapat mendorong keterlibatan siswa, kolaborasi, dan keterampilan berpikir kritis.

Temuan penelitian ini berkontribusi pada literatur yang ada dengan berfokus secara khusus pada pemanfaatan potensi seni dan kreativitas dalam pembelajaran STEM di lembaga pendidikan tinggi Sukabumi. Dengan memahami praktik, tantangan, dan manfaat yang terkait dengan integrasi seni saat ini, para pembuat kebijakan, pendidik, dan pengembang kurikulum dapat bekerja untuk meningkatkan kualitas pendidikan STEM di wilayah tersebut.

4. KESIMPULAN

Studi penelitian ini mengeksplorasi pemanfaatan potensi seni dan kreativitas dalam pembelajaran STEM di institusi pendidikan tinggi di Sukabumi. Temuan ini menyoroti pengakuan

akan manfaat integrasi seni, termasuk menumbuhkan kreativitas, meningkatkan keterampilan berpikir kritis, dan mempromosikan kolaborasi interdisipliner di antara para pendidik dan siswa.

Namun, tantangan seperti sumber daya yang terbatas dan kebutuhan akan peluang pengembangan profesional bagi para pendidik juga diidentifikasi. Tantangan-tantangan ini menggarisbawahi pentingnya dukungan kelembagaan, kolaborasi, dan alokasi sumber daya untuk mengintegrasikan seni secara efektif ke dalam pendidikan STEM di institusi pendidikan tinggi di Sukabumi.

Temuan penelitian ini menekankan perlunya para pembuat kebijakan dan institusi pendidikan untuk memprioritaskan dan berinvestasi dalam inisiatif yang mendukung integrasi seni dalam pembelajaran STEM. Program pengembangan profesional harus dirancang untuk membekali para pendidik dengan keterampilan dan pengetahuan yang diperlukan agar berhasil mengintegrasikan seni ke dalam pelajaran STEM. Kolaborasi antara fakultas seni dan STEM dapat memfasilitasi pendekatan interdisipliner, mendorong pemahaman yang lebih dalam tentang masalah dunia nyata yang kompleks.

DAFTAR PUSTAKA

- A'la, B. A., Muzaqi, S., & Alimin, M. (2023). KURIKULUM PENDIDIKAN AGAMA ISLAM PENDEKATAN MULTIDISCIPLINER, INTERDISCIPLINER DAN TRANSDISCIPLINER DI PERGURUAN TINGGI. *Edupedia: Jurnal Studi Pendidikan Dan Pedagogi Islam*, 7(2), 143–152.
- Amran, M. S., Bakar, K. A., Surat, S., Mahmud, S. N. D., & Shafie, A. A. B. M. (2021). Assessing preschool teachers' challenges and needs for creativity in STEM education. *Asian Journal of University Education*, 17(3), 99–108.
- Dewanti, B. A., & Santoso, A. (2020). Development of 21st Century Learning Skills Assessment Instruments in STEM-Based Science Learning (Science, Technology, Engineering, and Mathematics). *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, 8(2), 99–111.
- Erlinawati, C. E., Bektiarso, S., & Maryani, M. (2019). Model pembelajaran project based learning berbasis STEM pada pembelajaran fisika. *Fkip E-Proceeding*, 4(1), 1–4.
- Hu, X., & Yelland, N. (2019). Changing learning ecologies in early childhood teacher education: From technology to stem learning. *Beijing International Review of Education*, 1(2–3), 488–506.
- Hughes, B. S., Corrigan, M. W., Grove, D., Andersen, S. B., & Wong, J. T. (2022). Integrating arts with STEM and leading with STEAM to increase science learning with equity for emerging bilingual learners in the United States. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1–19.
- Juškevičienė, A., Dagienė, V., & Dolgopolas, V. (2021). Integrated activities in STEM environment: Methodology and implementation practice. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(1), 209–228.
- Khaolok, C., & Chaiyasung, S. (2020). A Study of Integrated Vectors into STEM Learning. *Proceeding National & International Conference*, 1(11), 112.
- Misthou, S., Moumoutzis, N., & Loukatos, D. (2021). Coding Club: a K-12 good practice for a STEM learning community. *2021 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 955–963.
- Rule, A. C. (2016). Editorial: Welcome to the Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions. *Journal of STEM Arts, Crafts, and Constructions*, 1(1), 1–9.
- Rustaman, N., & Lufri, M. S. (2016). Pembelajaran Masa Depan melalui Stem Education. *Seminar Nasional Biologi Edukasi*, 1.
- Sugiyono. (2016). Metode Penelitian. *Sugiyono*.
- Susilowati, E., Miriam, S., Suyidno, S., Sholahuddin, A., & Winarno, N. (2020). Integration of learning science, technology, engineering, and mathematics (STEM) in the wetland environment area to increase students' creativity. *Journal of Physics: Conference Series*, 1491(1), 12047.
- Townsend, K. G. (2017). *From STEM to STEAM: The neuroscience behind the movement towards arts integration in K-12 Curricula*.
- Triastuti, E. (2021). PEMBELAJARAN BERBASIS STEM MATERI ELEKTROPLATING MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP DAN KETERAMPILAN BERFIKIR KRITIS SISWA. *Jurnal Ilmiah WUNY*, 3(2).

- Van Anh, N. T., Van Bien, N., Van Son, D., & Khuyen, N. T. T. (2022). STEM Clubs: The Promising Space to Foster Students' Creativity. *International Journal of STEM Education for Sustainability*, 2(1), 45–52.
- Vasconcelos, M. A. R., & Santos, R. P. dos. (2023). Enhancing STEM learning with ChatGPT and Bing Chat as objects to think with: A case study. *ArXiv Preprint ArXiv:2305.02202*.