

Implementasi Pembelajaran Berbasis STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics*) Dalam Pembuatan Alat Penyaring Udara Terhadap Keterampilan Rekayasa Siswa Pada Materi Pencemaran Udara

Indra Dodo Saputra ^{*1}, Leni Sri Mulyani^{*2}, Wini Asiyah Nurwalifah ^{#3}

Institut Pendidikan Indonesia Garut
Jl. Terusan Pahlawan No. 32 Sukagalih Tarogong Kidul
Garut – Indonesia

indradodosaputra@gmail.com

Received: 2 Juli 2023, Accepted: 7 Juli 2023, Published: 28 September 2023

Abstrak— Pentingnya keterampilan rekayasa pada siswa dan meningkatnya kesadaran akan kualitas udara. melalui pembuatan proyek alat penyaring udara, siswa dilatih menerapkan konsep sains, teknologi, rekayasa, seni dan matematika secara terintegrasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji implementasi pembelajaran berbasis STEAM terhadap keterampilan rekayasa dalam pembuatan alat penyaring udara dengan pokok bahasan pencemaran udara. Subjek penelitian ini adalah siswa kelas X 11 dengan jumlah 35 siswa yang merupakan sampel penelitian dan dipilih dengan menggunakan teknik acak kelas atau *Simple Random Sampling Class*. Metode yang digunakan adalah metode deskriptif. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi dengan instrumen penelitian lembar observasi untuk mengetahui keterampilan siswa. Hasil penelitian menunjukkan implementasi pembelajaran berbasis STEAM siswa termasuk dalam kategori “Desainer Berkembang” dan “Desainer Awal Tumbuh”. Berdasarkan analisis data, kategori yang paling tinggi terdapat pada kategori “Desainer Berkembang” karena memperoleh nilai 248 dan rata-rata 124 yang termasuk pada peringkat III. Keterampilan rekayasa siswa pada indikator “Pikir” yaitu siswa mampu menyelesaikan masalah dengan baik, pada indikator “Desain” siswa dapat mengembangkan gagasan secara sederhana dan pada indikator “Buat” siswa mampu menyiapkan alat dan bahan untuk membuat alat penyaring udara dengan cukup lengkap. Sedangkan, kategori yang paling rendah berada pada kategori “Desainer Awal Tumbuh” dengan nilai 193 dan rata-rata 96,5 yang termasuk kedalam peringkat II. Hal ini ditunjukkan oleh keterampilan rekayasa siswa pada indikator “Uji”, dimana siswa masih kurang mampu melakukan refleksi terhadap proses pembuatan alat penyaring udara. Penggunaan pembelajaran ini sangat berdampak terhadap keterampilan rekayasa siswa. Siswa menjadi lebih percaya diri, kreatif, dan siap menghadapi tantangan di masa depan. Selain itu, proyek pembuatan alat penyaring udara juga dapat memberikan kontribusi nyata bagi lingkungan.

Kata kunci — Implementasi, pembelajaran berbasis STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics*), keterampilan siswa, alat penyaring udara, pencemaran udara.

Abstract — This research aims to examine the implementation of STEAM-based learning on engineering skills in making air filters with the topic of air pollution. This study is motivated by the importance of engineering skills in students and increasing awareness of air quality. Through the creation of an air filter project, students are trained to apply the concepts of science, technology, engineering, art and mathematics in an integrated manner. The subjects of this study were 35 students in grade X 11 who were the research sample and selected using a random class technique or *Simple Random Sampling Class*. The method used is a descriptive method. The data collection technique used in this study was observation with an observation sheet research instrument to determine student skills. The results showed that the implementation of STEAM-based learning for students was included in the categories of "Developing Designers" and "Early Growing Designers". Based on data analysis, the highest category was in the "Developing Designer" category because it obtained a score of 248 and an average of 124 which was ranked III. Students' engineering skills in the "Think" indicator are students who are able to solve problems well, in the "Design" indicator students can develop ideas simply and in the "Create" indicator students are able to prepare tools and materials to make air purifiers quite completely. Meanwhile, the lowest category is in the "Early Growing Designer" category with a score of 193 and an average of 96.5 which is included in rank II. This is indicated by students' engineering skills in the "Test" indicator, where students are still less able to reflect on the process of making air purifiers. The use of this learning has a significant impact on students' engineering skills. Students become more confident, creative, and ready to face challenges in the future. In addition, the air purifier manufacturing project can also make a real contribution to the environment.

Keywords — Implementation, STEAM-based learning (*Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics*), student skills, air filter, air pollution

PENDAHULUAN

Saat ini dalam menciptakan pembelajaran yang menyenangkan tentunya tidaklah sulit (Effendi & Wahidy, 2019). Hal ini dikarenakan pembelajaran di abad 21 ditandai dengan pesatnya perkembangan teknologi (Muhson, 2010). Selain ditandai dengan pesatnya perkembangan teknologi, pembelajaran di abad 21 juga ditandai dengan munculnya tuntutan dan tantangan baru (Husain & Kaharu, 2021). Seperti halnya tuntutan yang mengharuskan pendidik menggabungkan 5 bidang yakni sains, teknologi, teknik, seni dan matematika dalam proses pembelajaran (Apriliana et al, 2018). Penggabungan 5 bidang ini tentunya dapat diterapkan oleh pendidik melalui pembelajaran berbasis STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics*). STEAM diartikan sebagai suatu pembelajaran yang menggabungkan sains, teknik, teknologi, seni dan matematika (Agustina et al, 2020). Dalam pelaksanaan pembelajaran berbasis STEAM ini, peserta didik didorong untuk mengembangkan rasa ingin tahu dan mengajukan pertanyaan, sehingga peserta didik bisa membangun pengetahuan di sekitar dunianya dengan mengeksplorasi, mengamati, menemukan dan menyelidiki bagaimana sesuatu itu bekerja (Zephanya et al, 2020).

Ada hal-hal yang harus dipertimbangkan dalam menyusun materi pembelajaran STEAM yang sukses, salah satu yang paling penting adalah rekayasa (*Engineering*) sebagai kekuatan yang dapat mendukung pemecahan masalah dalam STEAM. *Engineering* atau rekayasa merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dari pembelajaran STEAM itu sendiri. *Engineering* dalam Pembelajaran STEAM ini diantaranya seperti memadukan proses pemecahan masalah (berfikir), proses desain, proses buatan, proses pengujian, serta proses merevisi suatu produk demi memecahkan permasalahan dalam pembelajaran (English, 2016).

Penerapan STEAM cocok untuk digunakan pada pembelajaran sains yang berkaitan langsung dengan lingkungan, karena pembelajaran berbasis STEAM dapat melatih siswa dalam menerapkan pengetahuannya untuk membuat desain sebagai bentuk pemecahan masalah lingkungan dengan memanfaatkan teknologi (Purnamasari 2020). Salah satu wahana atau topik yang dapat memfasilitasi tujuan tersebut adalah membuat alat penyaring udara sebagai salah satu solusi pemecahan masalah pencemaran udara.

Dalam kurikulum Merdeka Permendikbudristek Nomor 5 Tahun 2022 terdapat CP (Capaian Pembelajaran) yang membahas mengenai materi perubahan lingkungan, yang kemudian diturunkan menjadi TP (Tujuan Pembelajaran). Tujuan pembelajaran tersebut dibuat agar “Peserta didik mampu mengidentifikasi pencemaran udara” dan “Peserta didik mampu melakukan praktikum pembuatan alat penyaring udara”. Berdasarkan CP dan TP di atas, maka

penelitian ini dititikberatkan pada konsep pencemaran lingkungan khususnya pencemaran udara dengan membelajarkan siswa terkait karakteristik perubahan, dampak serta cara pencegahan dan penanggulangan dari pencemaran udara. Selain itu, dalam penelitian ini siswa juga dituntut untuk dapat membuat alat penjernih udara sebagai bentuk pembelajaran keterampilan memecahkan masalah lingkungan. Sehingga dalam pembelajaran STEAM di penelitian ini siswa tidak hanya dibelajarkan untuk memahami konsep akan tetapi dilatih pula keterampilannya sebagai bentuk dari penerapan dari konsep yang diajarkan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan guru biologi SMAN 10 Garut, diperoleh informasi bahwa terdapat beberapa kendala yang terjadi dalam proses pembelajaran, diantaranya 1) kurangnya penggunaan model pembelajaran yang kreatif dan inovatif untuk membangkitkan minat dan semangat belajar siswa, 2) guru masih belum eksplisit ketika menerapkan kemampuan keterampilan rekayasa dalam kegiatan pembelajaran dan 3) siswa cenderung pasif dalam mengikuti proses pembelajaran. Oleh karena itu, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Implementasi Pembelajaran Berbasis STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics*) dalam Pembuatan Alat Penyaring Udara Terhadap Keterampilan Rekayasa Siswa Pada Materi Pencemaran Udara Kelas X di SMAN 10 Garut”. Hal ini menjadi perhatian bagi peneliti karena pembelajaran STEAM menitik beratkan pada pengembangan keterampilan berfikir kritis, kreatif, kolaboratif dan komunikasi yang sangat dibutuhkan di era digital.

KAJIAN PUSTAKA

1.1 Implementasi Pembelajaran

Menurut Mulyasa, implementasi adalah suatu proses penerapan ide, konsep kebijakan atau inovasi dalam suatu tindakan praktis sehingga memberikan dampak yang baik berupa perubahan pengetahuan, keterampilan maupun nilai sikap. Secara sederhana implementasi diartikan sebagai pelaksanaan atau penerapan. Pengertian yang lain dikemukakan oleh Schubert bahwa implementasi yaitu rekayasa. Pengertian-pengertian ini memperlihatkan bahwa kata implementasi bermuara pada aktivitas, adanya aksi, tindakan atau mekanisme suara sistem. Ungkapan mekanisme mengandung arti bahwa implementasi bukan sekedar aktivitas tetapi suatu kegiatan yang terencana dan dilakukan secara sungguh-sungguh berdasarkan acuan norma tertentu untuk mencapai tujuan kegiatan (Syafurudin, 2003).

1.2 Pembelajaran berbasis STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics*)

Pembelajaran STEAM (*Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics*) merupakan sebuah pembelajaran yang kontekstual, dimana anak akan

memahami peristiwa-peristiwa di sekitar mereka (Yakman, 2012). Pembelajaran STEAM mengajarkan anak untuk memecahkan masalah, sehingga anak mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan pengetahuan yang anak miliki. Aktivitas pembelajaran yang baik adalah ketika anak dapat terlibat secara langsung pada proses pembelajaran, serta anak mampu mengembangkan konsep yang diketahui dengan cara mencoba. Pendekatan pembelajaran STEAM memiliki dampak positif pada pembelajaran (Becker, K & Park, 2011). metode STEAM dapat mengembangkan kognitif anak didik, keterampilan, dan sikap mereka. Pada pembelajaran STEAM anak tidak hanya diajarkan pengetahuan secara teori saja namun juga praktik.

Pembelajaran berbasis STEAM merupakan bentuk penyempurnaan dari pembelajaran berbasis STEM (*Science, Technology, Engineering, Mathematics*) (Metafisika & Pangastutia, 2020). Perbedaan mendasar antara pembelajaran berbasis STEM yang dahulu dengan pembelajaran berbasis STEAM yang sekarang ialah terdapat kata “Art” didalamnya. Penambahan kata “Art” ini diyakini para ilmuwan terdahulu bahwa *art* dapat memberikan stimulasi yang bagus dalam membangkitkan keingintahuan peserta didik (Gunawan et al, 2020). Selain membangkitkan keingintahuan peserta didik, *art* juga memiliki peranan yang sangat penting khususnya dalam menciptakan pembelajaran yang menyenangkan. Karena melalui *art* peserta didik bisa bereksresi dan berimajinasi.

1.3 Keterampilan Rekayasa (*Engineering*)

Engineering adalah aplikasi pengetahuan untuk merancang, membangun, dan memelihara teknologi. Insinyur berupaya mengoptimalkan solusi untuk memecahkan masalah, kebutuhan, dan keinginan sambil mempertimbangkan sumber daya yang ada. Maka peneliti menyimpulkan bahwa *Engineering* merupakan kegiatan yang dilakukan dengan tujuan untuk menyelesaikan suatu permasalahan dengan mengkoordinasikan pengetahuan dan kreativitas sesuai imajinasi.

Engineering Design Process tidak dapat berdiri sendiri, sehingga ada beberapa langkah dalam melakukan *Engineering Design Process*. Salah satu contoh dari EDP salah satu sekolah menggunakan lima tahapan pada Teknik Sekolah Perdue telah mengubah dan menyederhanakan EDP untuk memenuhi kebutuhan, saat kami memperkenalkan mereka pada rekayasa untuk mempersiapkan mereka di masa depan (Lestari et L, 2020).

METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, metode deskriptif digunakan untuk mendeskripsikan keterampilan rekayasa siswa melalui implementasi pendekatan pembelajaran berbasis STEAM yang diukur melalui observasi.

1.4 Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas X SMAN 10 Garut tahun ajaran 2023/2024 yang terdiri dari 12 kelas dengan total siswa sebanyak 432. Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan dengan teknik *Simple Random Sampling* yaitu pengambilan anggota sampel dari populasi dilakukan secara acak kelas tanpa memperhatikan strata yang ada dalam populasi itu (Sugiyono 2016). Teknik ini memastikan bahwa setiap anggota populasi memiliki peluang yang sama untuk terpilih sebagai sampel, sehingga sampel yang dihasilkan lebih mungkin merepresentasikan populasi secara keseluruhan (Sekaran & Bougie 2016). Dalam penelitian ini, yang menjadi sampel yaitu kelas X 11 dengan banyak siswa 38 orang.

1.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini yakni dengan melakukan, observasi terkait data maupun dokumen yang berkaitan dengan penelitian ini. Teknik ini dipilih dengan maksud untuk mengumpulkan data yang tepat dan akurat.

1.6 Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian keterampilan rekayasa siswa diukur secara observatif melalui lembar observasi dengan mengacu pada rubrik penilaian yang diadopsi dari Matriks Pembelajaran dan Pengajaran Desain Tingkat Lanjut yang dikemukakan oleh Crismond dan Adams (2012). Rubrik ini akan digunakan untuk mengukur dan mengkategorisasikan keterampilan rekayasa siswa saat melakukan proses pembuatan produk alat penyaring udara pada kelas dengan pembelajaran berbasis STEAM. Dalam Matriks Pembelajaran dan Pengajaran Desain Tingkat Lanjut terdapat delapan indikator perilaku *engineering design* yang akan diamati selama proses pikir, desain, buat dan uji.

1.7 Teknik Analisis Data

Analisis data merupakan seluruh kegiatan setelah seluruh data dari seluruh responden terkumpul pada penelitian kualitatif. Teknik analisis data yang diperoleh bertujuan untuk menjawab rumusan masalah. Pengolahan data hasil penelitian yaitu analisis statistik deskriptif yang dilakukan untuk mengetahui nilai rata-rata hasil belajar yang diperoleh siswa, interval kelas, standar deviasi, nilai maksimum dan minimum.

Keterampilan rekayasa siswa dianalisis berdasarkan data hasil observasi selama proses pengerjaan proyek (rekayasa) yang mencakup aktivitas *engineering design process* yaitu Pikir, Desain, Buat, dan Uji (PDBU). Hal ini dilakukan untuk melihat perkembangan keterampilan rekayasa siswa di setiap kelompok pada setiap indikator keterampilan rekayasa dari pembelajaran. Observasi keterampilan rekayasa siswa dilakukan dengan bantuan rubrik keterampilan rekayasa sebagai acuan penilaian.

Keterampilan rekayasa siswa (pengelompokan tingkat pemula, tingkat tumbuh, tingkat berkembang, dan tingkat lanjut) dianalisis dengan melakukan perhitungan dan perbandingan persentase tingkat keterampilan rekayasa pada setiap indikator.

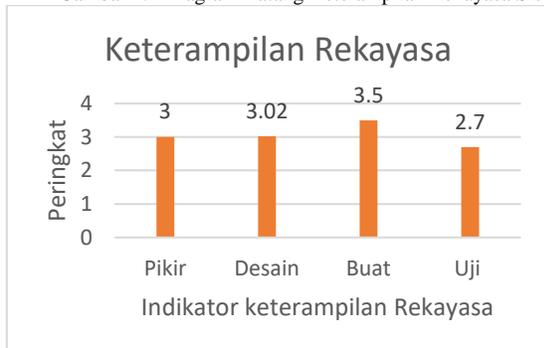
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi pembelajaran berbasis STEAM terhadap keterampilan rekayasa siswa melalui pembuatan alat penyaring udara yang berkaitan dengan materi pencemaran udara. Berdasarkan data yang diperoleh, terdapat dua jenis kategorisasi keterampilan rekayasa yang muncul selama proses pembelajaran, yaitu kategori Desainer Awal Tumbuh dan Desainer Berkembang. Indikator yang termasuk kategori Desainer Awal Tumbuh yaitu hanya indikator Uji, sedangkan indikator yang termasuk kedalam kategori Desainer Berkembang mencakup indikator Pikir, Desain dan Buat.

Untuk mengetahui keterampilan rekayasa siswa, penelitian ini melaksanakan pembelajaran melalui proses pembelajaran yang menggunakan desain EDP (*Engineering Desain Proses*), tahapannya mencakup Pikir, Desain, Buat dan Uji (PDBU). Keterampilan rekayasa ditilai melalui rubrik keterampilan rekayasa siswa yang mencakup 8 indikator yaitu memahami masalah, membangun pengetahuan berdasarkan hasil kaji terhadap masalah, menggeneralisasikan gagasan, menggambarkan gagasan, mempertimbangkan pilihan & membuat keputusan, melakukan eksperimen serta merefleksikan proses.

Untuk lebih mudah melihat hasil dari keterampilan rekayasa siswa kelas X11 dapat dilihat dalam bentuk diagram batang 4.1 berikut :

Gambar 4.1 Diagram Batang Keterampilan Rekayasa Siswa



EDP (*Engineering Desain Proses*) yang diterapkan dalam pembelajaran STEAM ini memiliki tahapannya yaitu :

1) Pikir

Tahapan pikir diterapkan pada saat siswa diharapkan dapat memahami masalah, menyelesaikan masalah dan

mengkaji masalah. Indikator ini diuji pada siswa melalui pertanyaan yang diberikan dalam bentuk LKPD. Berdasarkan gambar 4.1 hasil penelitian, indikator pikir berada di peringkat ke 3 yang termasuk dalam kategori **Desainer Berkembang**.

2) Desain

Sesuai dengan nama indikatornya, siswa ditugaskan untuk mendisain dan menggambarkan alat penyaring udara yang akan dibuat oleh setiap kelompoknya. Berdasarkan hasil observasi penelitian, setiap kelompok membuat desain alat penyaring udara yang berbeda-beda walaupun berasal dari bahan dasar yang sama. Hasil penelitian yang didapatkan pada indikator desain juga mendapatkan peringkat 3 dan termasuk kedalam kategori **Desainer Berkembang**. Dengan demikian, siswa kelas X11 termasuk kedalam desainer berkembang pada indikator desain, karena siswa dapat membuat desain dengan menggunakan lebih dari tiga gagasan, mengembangkan gagasan dengan baik, mengusulkan gagasan dengan menggambarkan gagasan (menggunakan kata-kata, gambar, dan benda) serta mengusulkan gagasan yang dinilai dapat bekerja dengan baik jika dilaksanakan.

3) Buat

Dalam permasalahan pencemaran udara, siswa ditugaskan untuk membuat alat penyaring udara sebagai bentuk penyelesaian masalah yang terjadi di lingkungan. Berdasarkan gambar 4.1 Diagram Batang Keterampilan Siswa pada tahap buat ini, siswa berada pada peringkat ke 3 sehingga dikategorikan sebagai **Desainer Berkembang**. Namun, berdasarkan table 4.1 hasil penelitian didapatkan bahwa pada indikator buat terdapat nilai 248, dimana nilai tersebut merupakan nilai tertinggi diantara indikator lain.

4) Uji

Pembelajaran menggunakan STEAM pada materi pencemaran udara tidak hanya memfokuskan pada pembuatan alatnya saja, tetapi juga mengobservasi bagaimana siswa dapat menguji alat yang sudah dibuat tersebut. Pengujian alat penyaring udara ini dibagi menjadi dua cara yaitu, untuk alat penyaring udara yang berbahan dari botol pengujiannya dengan melihat warna air yang ada di dalam botol, jika warna air berubah menjadi keruh maka alat tersebut berjalan dengan baik. Cara kedua yaitu untuk alat penyaring udara yang berbahan dari kardus dan kertas hepa/masker, cara pengujiannya dengan melihat pada bagian bahan penyaringnya (hepa/masker), jika bahan tersebut berubah menjadi kotor maka alat tersebut berjalan dengan baik.

Pembelajaran *STEAM (Science, Technology, Engineering, Art and Mathematics)* yang terintegrasi telah berdampak positif dalam pengimplementasian keterampilan rekayasa siswa, terutama dalam konteks pembuatan alat penyaring udara. Beberapa dampak positif yang didapatkan dalam pembelajaran STEAM yaitu, (1) Penguasaan konsep

yang lebih mendalam seperti menganalisis masalah karena dengan pemahaman yang kuat tentang konsep-konsep dasar, siswa dapat menganalisis masalah polusi udara dengan lebih baik dan merancang solusi yang tepat. (2) Pengembangan keterampilan kreatif seperti *prototyping*, mereka dapat membuat prototipe berbagai desain alat penyaring udara dan mengujinya secara langsung. (3) Penguasaan keterampilan praktis dalam proses produksi, mereka juga akan memahami seluruh proses produksi, mulai dari perancangan hingga pengujian. (4) Kolaborasi dan komunikasi melalui kerja sama tim karena pembelajaran STEAM sering kali melibatkan kerja sama tim, sehingga siswa belajar untuk bekerja sama, berbagi ide, dan menyelesaikan masalah bersama-sama.

KESIMPULAN

Implementasi pembelajaran berbasis STEAM dalam pembuatan alat penyaring udara pada materi pencemaran udara terhadap keterampilan rekayasa sangat efektif dilakukan, karena dalam setiap aspek STEAM (*Science, Technology, Art, Mathematics*) masing-masing memiliki korelasi yang sangat tinggi dalam proses pembelajaran sehingga dapat mempengaruhi hasil keterampilan rekayasa siswa.

Keterampilan rekayasa siswa dalam pembuatan alat penyaring udara pada materi pencemaran udara menghasilkan 2 kategori. Indikator Pikir, Desain dan Buat termasuk kedalam kategori Desainer Berkembang sedangkan indikator Uji termasuk dalam kategori Desainer Awal Tumbuh.

Penggunaan pembelajaran STEAM dalam pembuatan alat penyaring udara sangat berdampak terhadap keterampilan rekayasa siswa. Siswa menjadi lebih percaya diri, kreatif, dan siap menghadapi tantangan di masa depan. Selain itu, proyek pembuatan alat penyaring udara juga dapat memberikan kontribusi nyata bagi lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini. Segenap civitas akademika IPI Garut.

DAFTAR PUSTAKA

Adriyawati, A., Utomo, E., Rahmawati, Y., & Mardiah, A. (2020). Steam-project-based learning integration to improve elementary school students' scientific literacy on alternative energy learning. *Universal Journal of Educational Research*, 8(5), 1863-1873.

Agustina, D., Mugara, R., & Rohmalina, R. (2020). Pembelajaran Steam Pada Pembuatan Instalasi Penjernihan Air Menggunakan Botol Plastik Air Mineral Untuk Mengembangkan Kreativitas Anak Usia Dini. *Jurnal Ceria (Cerdas Energik Responsif Inovatif Adaptif)*, 3(4), 323-328.

Aisyah, P. 2024. *Kebijakan Redaksional Dalam Meningkatkan Arus Pemberitaan Jurnalisme Positif*. Skripsi. Fakultas Ilmu Komunikasi. Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati: Bandung.

Apriliana, M. R., Ridwan, A., Hadinugrahaningsih, T., & Rahmawati, Y. (2018). Pengembangan Soft Skills Peserta Didik Melalui Integrasi Pendekatan Science, Technology, Engineering, Arts, And Mathematics (Steam) Dalam Pembelajaran Asam Basa. *Jrpk: Jurnal Riset Pendidikan Kimia*, 8(2), 42-51. <https://doi.org/10.21009/Jrpk.082.05>

Arifah, Z. (2022). *Implementasi Model Pembelajaran Berbasis Steam Dengan Media Loose Parts Dalam Meningkatkan Kreativitas Pada Anak Kelompok B1 Di Tk Masyithoh Palbapang Bantul* (Doctoral Dissertation, Uin Sunan Kalijaga Yogyakarta).

Artika, W., Ratna, L., Ulhusna, F. A., & Maulida, M. (2023, June). Pendekatan E-STEM pada Pembelajaran Biologi di Era Metaverse. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi, Teknologi dan Kependidikan* (Vol. 11, No. 1, p. 2).

Azizah, E. M., Yuhariati, Y., Khoiriyah, K., Rosmiati, R., & Mandira, G. (2023). Implementasi Pembelajaran Berbasis STEAM dalam Mengembangkan Kreativitas Anak Usia Dini. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 7(6), 6620-6630.

Barkah, E. S., Awaludin, D., & Bahtiar, M. I. E. A. (2024). Implementasi model pembelajaran steam (science, technology, engineering, art and mathematics): strategi peningkatan kecakapan abad 21. *Jurnal Syntax Admiration*, 5(9), 3501-3511.

Crismond, D. P., & Adams, R. S. (2012). The informed design teaching & learning matrix. *Journal of Engineering Education -Washington*, 101 (4), 738 - 797.

Cunningham, C. M. (2017). *Engineering in elementary STEM education: Curriculum design, instruction, learning, and assessment*. Teachers College Press.

Effendi, D., & Wahidy, A. (2019). Pemanfaatan Teknologi Dalam Proses Pembelajaran Menuju Pembelajaran Abad 21. Pemanfaatan Teknologi Dalam Proses Pembelajaran Menuju Pembelajaran Abad 21, 2, 125-129. <https://jurnal.univpgriPalembang.ac.id/index.php/prosidingpps/article/view/2977/2799>

Emilidha, W. P., Wardono, W., & Waluya, B. (2024, February). Integrasi STEAM dalam Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Sekolah Dasar. In *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika* (pp. 301-308).

English, L. D., Adams, R., & King, D. (2020). Design learning in STEM education. In *Handbook of research on STEM education* (pp. 76-86). Routledge.

Fadhilah, A. N. (2022). Pembelajaran biologi berbasis steam di era society 5.0. *Prosiding: Konferensi Nasional Matematika dan IPA Universitas PGRI Banyuwangi*, 2(1), 182-190.

Hadinugrahaningsih, Triyatama. 2017. Keterampilan Abad 21 dan STEAM (science, technology, engineering, art and mathematics) Project Dalam Pembelajaran Kimia. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta

Hester, K., & Cunningham, C. (2007, June). Engineering is elementary: An engineering and technology curriculum for children. In *2007 Annual Conference & Exposition* (pp. 12-639).

Husain, R., & Kaharu, A. (2021). Menghadapi Era Abad 21: Tantangan Guru Pendidikan Anak Usia Dini Di Kabupaten Bone Bolango. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 5(1), 85. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v5i1.527>

<https://doi.org/10.31980/jpetik.v9i2.3142>

<https://journal.institutpendidikan.ac.id/index.php/petik/index>

p-ISSN : 2460-7363

e-ISSN : 2614-6606

Kartini, D. (2021). *Peningkatan Keterampilan Rekayasa, Minat Terhadap Sains Dan Teknologi, Komunikasi Ilmiah Sd Melalui Pembelajaran Steam Berbasis Teknologi* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).

Laboy-Rush, D. (2011). Integrated STEM education through project

Lestari, A. A., Mulyana, E. H., & Muiz, D. A. (2020). Analisis unsur engineering pada pengembangan pembelajaran steam untuk anak usia dini. *JPG: Jurnal Pendidikan Guru*, 1(4), 211-225.

Lestari, D. (2017). *Pengaruh Pembelajaran Berbasis STEM terhadap Keterampilan Rekayasa dan Penguasaan Konsep Siswa pada Materi Pencemaran Udara* (Doctoral dissertation, Universitas Pendidikan Indonesia).

Marwiyah, M. (2022). *Analisis pembelajaran steam (science, technology, engineering, art, and mathematics) untuk menanamkan keterampilan 4c (communication, collaboration, critical thinking and problem solving, dan creativity and innovation) pada anak usia dini* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau).

Metafisika, K., & Pangastutia, R. (2020). Global Conferences Series: Social Sciences, Education and Humanities (GCSSSEH). In *2020 International Conference Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Imam Bonjol Padang (ICFTKUIINBP)* (pp. 216-220).

Mu'minah, I. H., & Suryaningsih, Y. (2020). Implementation of steam (science, technology, engineering, arts and mathematics) in 21st century learning. *J Bio Educ*, 5(1), 65-73.

Muhson, A. (2010). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi. *Jurnal Pendidikan Akuntansi Indonesia*, 8(2). <https://doi.org/10.21831/Jpai.V8i2.949>

Mulyono, H., & Wekke, I. S. (2018). Strategi pembelajaran di abad digital. *Gawe Buku. Gawe Buku*, 21.

Nurjanah, N. E. (2020). Pembelajaran stem berbasis loose parts untuk meningkatkan kreativitas anak usia dini. *Jurnal audi: jurnal ilmiah kajian ilmu anak dan media informasi paud*, 5(1), 19-31.

Perales, F. J., & Aróstegui, J. L. (2021). *The STEAM approach: implementation and educational, social and economic consequences. Arts Educ Policy Rev.*

Portillo Juan, N., Negro Valdecantos, V., Olalde Rodríguez, J., & Iglesias, G. (2024). Environmental Policy vs. the Reality of Greenhouse Gas Emissions from Top Emitting Countries. *Energies (19961073)*, 17(22).

Purnamasari, I., Handayani, D., & Formen, A. (2020). Stimulasi keterampilan hots dalam paud melalui pembelajaran steam. In *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana* (Vol. 3, No. 1, pp. 506-516).

Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). *Research methods for business: A skill building approach.* John Wiley & Sons.

Selly, P. B. (2017). *Teaching STEM Outdoors: Activities for Young Children.* Redleaf Press. 10 Yorkton Court, St. Paul, MN 55117-1065.

Suardi, Moh., dan Syofrianisda. 2018. *Belajar dan Pembelajaran*: Yogyakarta: Penerbit Parama Ilmu.

Sundayana, R. (2020). *Statistik Penelitian Pendidikan.* Bandung: Alfabeta.

Sugiyono (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&B.* Bandung: Alfabeta

Sujarweni, V. W. (2015). Metodologi penelitian. *Yogyakarta: Pustaka Baru Perss*, 74.

Suryawati, E. A., & Akkas, M. (2021). *Capaian Pembelajaran Elemen Dasar-dasar Literasi & STEAM.* Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.

Syafrudin Nurdin dan M. Basyirudin Usman, *Guru Professional dan Implementasi Kurikulum*, Jakarta: Ciputat press, 2003

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional. (n.d.). https://jdih.kemdikbud.go.id/sjdih/siperpu/dokumen/salinan/UU_tahun2003_nomor020.pdf

Wahyuningsih, S., Nurjanah, N. E., Rasmani, U. E. E., Hafidah, R., Pudyaningtyas, A. R., & Syamsuddin, M. M. (2020). STEAM learning in early childhood education: A literature review. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, 4(1), 33-44.

Wahyuningsih, S., Pudyaningtyas, A. R., Nurjanah, N. E., Dewi, N. K., Hafidah, R., Syamsuddin, M. M., & Sholeha, V. (2020). The utilization of loose parts media in steam learning for early childhood. *Early Childhood Education and Development Journal*, 2(2), 1-5.

Zephanya, V., Latiana, L., & Formen, A. (2020). Penguatan Pembelajaran Jarak Jauh Anak Usia Dini Melalui Pendekatan Steam Dan Pemberdayaan Keluarga. *Unnes.*

Zubaidah, S. (2019, September). STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics): Pembelajaran untuk memberdayakan keterampilan abad ke-21. In *Seminar Nasional Matematika Dan Sains, September* (pp. 1-18).