

Eksplorasi Eksistensi Komponen “Art” dalam Pembelajaran STEAM: Analisis Bibliometrik (2010–2024)

Putri Bunga Aisyah Pohan^{1*}, Adinda Rosi Felicia¹, Achmad Nur Rochim¹, Real Fandi¹

¹Magister Pendidikan Sains, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta

*Email korespondensi: putribunga.2024@student.uny.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi eksistensi komponen “Art” dalam pendekatan *Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics* (STEAM) melalui analisis bibliometrik terhadap literatur pendidikan global pada periode 2010–2024. Permasalahan utama dalam penelitian ini adalah ketidakseimbangan integrasi art atau seni yang cenderung masih diposisikan sebagai elemen pendukung dibandingkan sebagai komponen inti dalam STEAM. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis bibliometrik terhadap 689 artikel yang diperoleh dari basis data Scopus, dengan mengacu pada pedoman PRISMA. Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak Biblioshiny, VOSviewer, dan Publish or Perish untuk mengidentifikasi tren publikasi, artikel dengan sitasi tertinggi, kontribusi negara, hubungan antar kata kunci, serta perkembangan tema penelitian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tren publikasi STEAM mengalami peningkatan signifikan, terutama setelah tahun 2015, dengan pergeseran dari tahap pengenalan Art menuju integrasi dalam praktik pembelajaran dan adaptasi dalam konteks teknologi serta pendekatan interdisipliner. Kontributor utama penelitian didominasi oleh negara maju, khususnya Amerika Serikat, Korea Selatan, dan China. Meskipun demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa komponen “Art” masih berada pada posisi *integrated but not yet equal*, yaitu telah terintegrasi tetapi belum sepenuhnya setara dengan disiplin STEM. Penelitian ini menegaskan pentingnya penguatan peran Art dalam STEAM untuk mewujudkan pembelajaran yang lebih seimbang, kreatif, dan relevan dengan tuntutan abad ke-21.

Kata kunci: Analisis Bibliometrik; Art; STEAM

PENDAHULUAN

STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu untuk menciptakan pengalaman belajar yang holistik dan kontekstual. Pendekatan ini berkembang sebagai respons terhadap tuntutan abad ke-21 yang menekankan pentingnya kreativitas, inovasi, serta kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah kompleks (Zhang et al, 2021). Berbeda dengan STEM, STEAM menambahkan unsur *Arts* yang berperan dalam mengembangkan kreativitas, imajinasi, serta kemampuan berpikir estetis dalam proses pembelajaran (Peppler & Thompson, 2024).

Meskipun demikian, dalam praktiknya, penerapan STEAM sering kali masih didominasi oleh bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika. Komponen seni cenderung ditempatkan sebagai pelengkap, bukan sebagai bagian inti dari pembelajaran (J. W Bequette & Bequette, 2012). Kondisi ini menimbulkan pertanyaan penting mengenai eksistensi komponen “Art” dalam STEAM, apakah benar-benar terintegrasi secara nyata atau hanya sekadar konsep dalam teori. Ketidakseimbangan ini dapat berdampak pada kurang optimalnya pengembangan kreativitas dan kemampuan berpikir holistik peserta didik (Hsiao & Su, 2021; Pepper, 2017).

Secara teori, seni memiliki peran penting dalam pembelajaran STEAM. Seni membantu menghubungkan pemikiran logis dan kreatif, mendukung *design thinking*, serta mendorong lahirnya solusi inovatif melalui pendekatan lintas disiplin (Sullivan & Reeve M, 2013). Selain itu, integrasi seni juga dapat meningkatkan motivasi belajar, keterlibatan siswa, serta menciptakan pembelajaran yang lebih inklusif, terutama bagi siswa yang kurang tertarik pada bidang STEM (Jamil, Linder, & Stegelin, 2018). Namun, sejauh mana peran tersebut benar-benar terlihat dalam penelitian dan praktik pendidikan secara global masih belum diketahui secara jelas.

Implementasi STEAM juga menunjukkan perbedaan di berbagai negara. Beberapa negara seperti Amerika Serikat dan Korea Selatan telah mengembangkan integrasi seni dalam STEAM secara lebih sistematis melalui kebijakan pendidikan dan pelatihan guru (Jho, Hong, & Song, 2016). Namun, di banyak negara lain, penerapan STEAM masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan fasilitas, kurangnya kompetensi guru, serta kurikulum yang belum mendukung pembelajaran interdisipliner (Sullivan & Reeve M, 2013). Selain itu, perkembangan teknologi yang pesat, seperti kecerdasan buatan dan realitas virtual, cenderung memperkuat fokus pada aspek teknis, sehingga berpotensi semakin mengurangi perhatian terhadap peran seni dalam STEAM (How & Hung, 2019).

Penelitian sebelumnya telah banyak membahas pentingnya integrasi seni dalam STEAM, terutama dalam meningkatkan kreativitas, kolaborasi, dan inovasi (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih bersifat konseptual atau terbatas pada studi kasus tertentu. Hingga saat ini, masih sedikit penelitian yang secara menyeluruh memetakan bagaimana posisi dan perkembangan komponen “Art” dalam penelitian STEAM secara global. Dengan kata lain, belum banyak kajian yang secara sistematis mengungkap apakah seni memiliki peran yang seimbang atau justru masih berada pada posisi yang kurang dominan dalam STEAM.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini menghadirkan kebaruan dengan fokus pada eksplorasi eksistensi komponen “Art” dalam STEAM melalui pendekatan bibliometrik. Penelitian ini tidak hanya melihat jumlah publikasi, tetapi juga menganalisis tren penelitian, hubungan antar topik, serta perkembangan tema yang berkaitan dengan seni dalam STEAM. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai posisi seni dalam perkembangan penelitian STEAM di tingkat global.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi eksistensi komponen “Art” dalam STEAM melalui analisis bibliometrik terhadap literatur pendidikan global pada periode 2010–2024. Tahun 2010 dipilih sebagai titik awal karena pada periode tersebut konsep STEAM mulai berkembang dan banyak diteliti.

Adapun pertanyaan penelitian dalam studi ini adalah sebagai berikut:

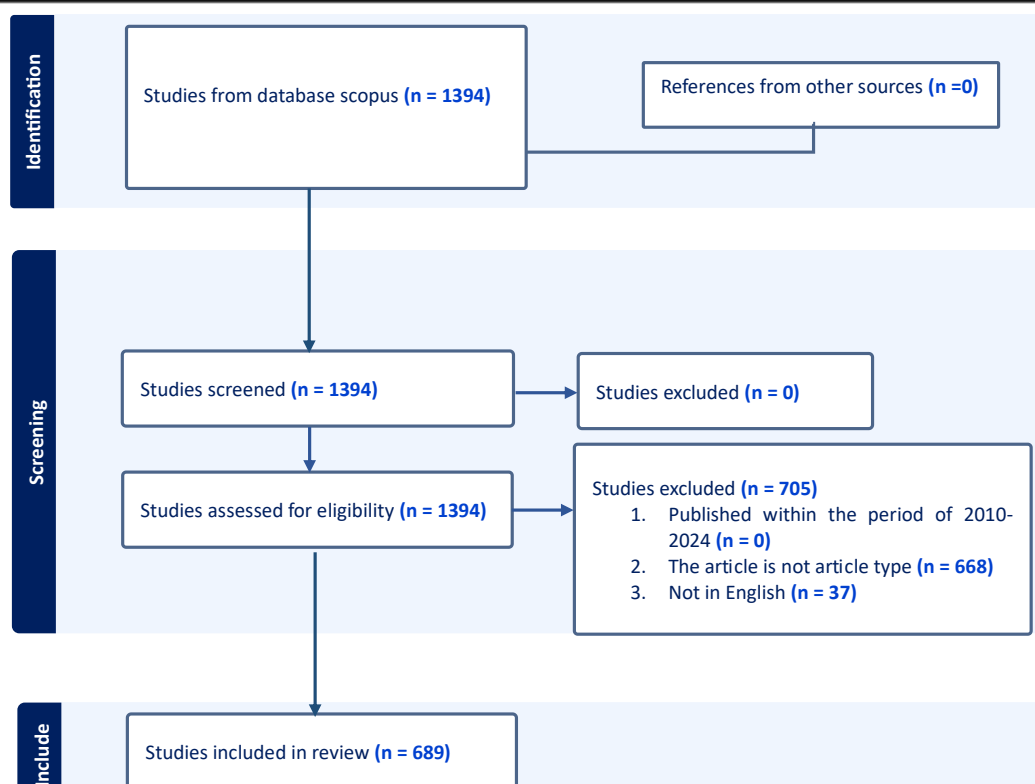
1. Bagaimana tren penelitian terkait komponen “Art” dalam STEAM pada periode 2010–2024?
2. Siapa saja kontributor utama (negara, penulis, dan artikel) dalam penelitian tersebut?
3. Bagaimana posisi komponen “Art” dalam perkembangan penelitian STEAM secara global?

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih jelas mengenai keberadaan dan peran seni dalam STEAM. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi bagi pendidik, peneliti, dan pembuat kebijakan untuk memperkuat integrasi seni dalam STEAM, sehingga tercipta pembelajaran yang lebih seimbang, kreatif, dan relevan dengan kebutuhan masa depan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis bibliometrik untuk mengeksplorasi eksistensi komponen “Art” dalam STEAM berdasarkan literatur pendidikan global pada periode 2010–2024. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi tren publikasi, pola penelitian, serta hubungan antar konsep dalam kajian STEAM (Hassan. & Wang, 2022). Penelitian ini mengacu pada pedoman PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) untuk memastikan proses seleksi data dilakukan secara sistematis dan transparan. Data diperoleh dari basis data Scopus pada tahun 2024 dengan menggunakan kata kunci “STEAM Education” AND/OR “Art Integration”.

Selanjutnya, dilakukan proses penyaringan berdasarkan kriteria inklusi, yaitu: (1) artikel dipublikasikan pada periode 2010–2024, (2) jenis dokumen berupa artikel ilmiah, dan (3) menggunakan bahasa Inggris. Setelah proses seleksi, diperoleh sebanyak 689 artikel yang digunakan sebagai sampel penelitian. Proses identifikasi, penyaringan, dan seleksi artikel divisualisasikan dalam diagram PRISMA yang ditampilkan pada Gambar 1. Data yang terpilih kemudian diekspor dalam format BibTeX dan dianalisis menggunakan perangkat lunak bibliometrik, yaitu Biblioshiny, VOSviewer, dan Publish or Perish. Biblioshiny digunakan untuk menganalisis tren publikasi, jumlah sitasi, serta perkembangan tema penelitian (*thematic evolution*). VOSviewer digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antar kata kunci (*co-occurrence*) serta jaringan kolaborasi, sedangkan Publish or Perish digunakan untuk mengidentifikasi artikel dengan pengaruh sitasi tertinggi. Melalui pendekatan ini, penelitian memberikan gambaran yang komprehensif mengenai tren, struktur, serta posisi komponen “Art” dalam lanskap penelitian STEAM secara global.



Gambar 1. Diagram PRISMA

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis bibliometrik terhadap 689 artikel pada periode 2010–2024 menunjukkan bahwa penelitian mengenai integrasi komponen “*Art*” dalam STEAM mengalami pertumbuhan yang signifikan, terutama setelah tahun 2015. Peningkatan ini mencerminkan adanya pergeseran paradigma dari pendekatan STEM menuju STEAM yang lebih menekankan keseimbangan antara aspek teknis dan kreatif. Dengan rata-rata pertumbuhan publikasi sebesar 12,35% per tahun serta tingginya jumlah sitasi, dapat disimpulkan bahwa bidang ini berkembang pesat dan memiliki pengaruh yang kuat dalam kajian pendidikan global. Namun demikian, jika dianalisis lebih mendalam, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek pedagogi, teknologi, dan implementasi pembelajaran, sementara kajian yang secara eksplisit menempatkan seni sebagai fokus utama masih relatif terbatas. Hal ini mengindikasikan bahwa eksistensi komponen “*Art*” dalam STEAM masih belum sepenuhnya berada pada posisi yang setara dengan disiplin STEM (J. W Bequette & Bequette, 2012).

Untuk memahami arah perkembangan dan pengaruh penelitian dalam bidang ini, analisis terhadap dokumen dengan sitasi tertinggi dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel ini menyajikan artikel-artikel yang memiliki kontribusi paling signifikan terhadap perkembangan penelitian STEAM selama periode 2010–2024.

Tabel 1. Artikel Paling Banyak Disitasi dalam Bidang STEAM (2010–2024)

Judul Dokumen	Penulis/Tahun	Total Sitasi	Sitasi per Tahun
Advancing Elementary and Middle School STEAM Education	English (2017)	217	27,13
From Interdisciplinary to Transdisciplinary: An Arts-Integrated Approach to STEAM Education	Liao (2016)	181	20,11

Judul Dokumen	Penulis/Tahun	Total Sitasi	Sitasi per Tahun
Developing the Computer Programming Self-Efficacy Scale for Computer Literacy Education	Tsai et al (2019)	124	20,67
“Finding the Joy in the Unknown”: Implementation of STEAM Teaching Practices in Middle School Science and Math Classrooms	Quigley & Herro (2016)	121	13,11
Korea STEAM education program: Video continuity, crude oil of 21st century	Park (2015)	118	13,11

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa artikel-artikel dengan sitasi tertinggi umumnya berfokus pada pengembangan pendekatan pembelajaran, integrasi teknologi, serta praktik implementasi STEAM di kelas. Penelitian oleh English (2017), misalnya, menekankan pentingnya penerapan STEAM dalam meningkatkan keterlibatan siswa, khususnya pada jenjang pendidikan dasar dan menengah. Sementara itu, Liao (2016) mengembangkan pendekatan transdisipliner yang menempatkan seni sebagai bagian integral dalam pembelajaran. Kedua penelitian ini menunjukkan bahwa seni memiliki potensi besar dalam memperkaya pengalaman belajar. Namun demikian, dominasi tema pedagogis dan teknologi dalam artikel-artikel berpengaruh tersebut menunjukkan bahwa integrasi seni masih lebih sering diposisikan sebagai elemen komplementer dibandingkan sebagai inti dalam desain pembelajaran. Temuan ini diperkuat oleh Perignat & Katz (2019) serta (Quigley & Herro, 2016), yang menunjukkan bahwa seni berkontribusi signifikan terhadap peningkatan kreativitas dan pemahaman konsep, tetapi belum sepenuhnya menjadi fokus utama dalam penelitian.

Selain itu, untuk mengidentifikasi distribusi kontribusi penelitian secara global, analisis berdasarkan negara asal publikasi disajikan pada Tabel 2. Analisis ini bertujuan untuk melihat pusat-pusat utama pengembangan penelitian STEAM serta memahami konteks geografis yang memengaruhi integrasi komponen “Art”.

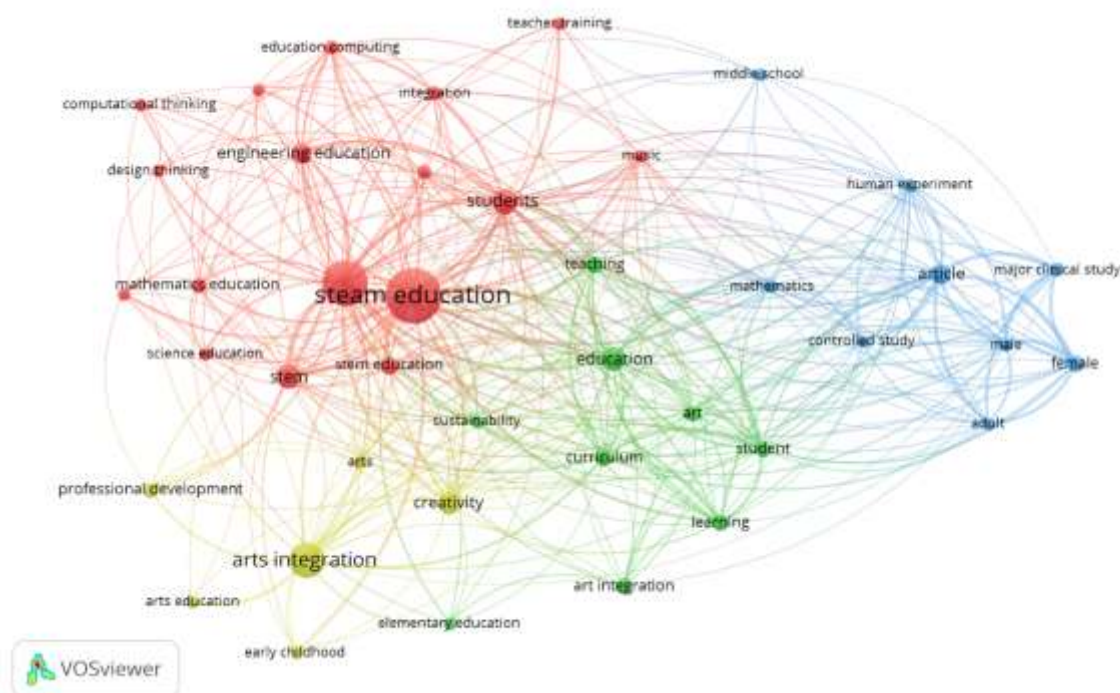
Tabel 2. Negara Paling Produktif dalam Penelitian STEAM (2010–2024)

Negara	Jumlah Dokumen
United States	215
South Korea	64
China	54
Spain	39
Taiwan	34
United Kingdom	25
Turkey	23
Australia	22
Austria	18
Canada	17

Berdasarkan Tabel 2, Amerika Serikat menempati posisi sebagai kontributor utama dalam penelitian STEAM, diikuti oleh Korea Selatan dan China. Dominasi negara-negara tersebut menunjukkan kuatnya dukungan kebijakan pendidikan, kapasitas riset, serta orientasi terhadap inovasi pembelajaran. Di Amerika Serikat, misalnya, implementasi STEAM telah berkembang secara luas dengan integrasi seni yang relatif lebih matang secara konseptual dan praktis (English, 2017). Korea Selatan juga menunjukkan kontribusi signifikan melalui pendekatan sistematis dalam pelatihan guru dan pengembangan kurikulum STEAM Jho et al (2016), yang memperkuat posisi seni dalam praktik pendidikan. Sementara itu, China menunjukkan pertumbuhan yang pesat, meskipun penelitian yang berkembang masih banyak

didominasi oleh pendekatan teknologi berbasis STEM. Di sisi lain, kontribusi negara berkembang masih relatif terbatas, yang menunjukkan adanya kesenjangan dalam pengembangan STEAM secara global. Kondisi ini mengindikasikan bahwa eksistensi komponen “*Art*” dalam STEAM tidak bersifat universal, melainkan sangat dipengaruhi oleh konteks kebijakan pendidikan, budaya, serta kapasitas riset di masing-masing negara.

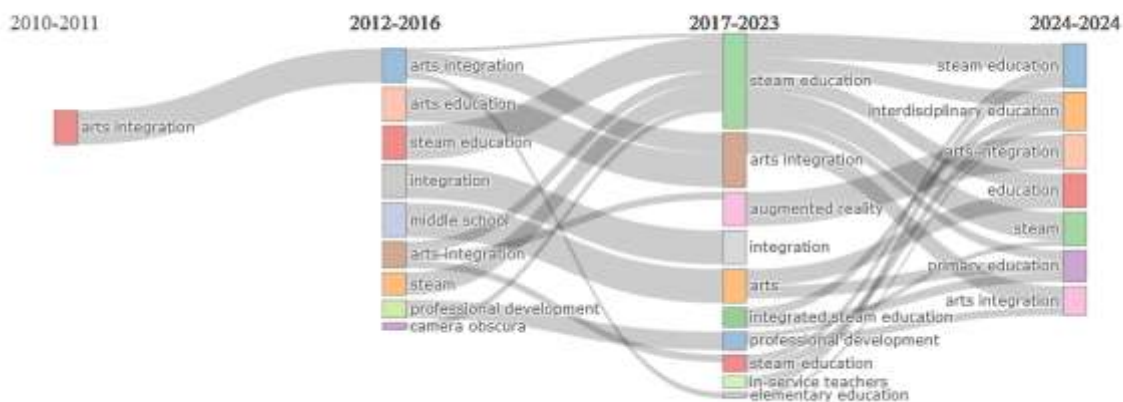
Untuk memahami hubungan antar konsep dalam penelitian STEAM, dilakukan analisis *co-occurrence* yang divisualisasikan pada Gambar 2. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi keterkaitan antar kata kunci serta tema-tema yang sering muncul secara bersamaan dalam literatur.



Gambar 2. Pemetaan *Co-occurrence* Kata Kunci dalam Penelitian STEAM (2010–2024)

Berdasarkan Gambar 2, kata kunci dalam penelitian STEAM membentuk beberapa klaster utama yang mencerminkan fokus penelitian yang berbeda. Klaster dominan menunjukkan keterkaitan antara *STEAM education*, *engineering education*, *students*, dan *computational thinking*, yang menandakan bahwa penelitian masih didominasi oleh pendekatan teknis. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi seni sering ditempatkan dalam kerangka teknis, sehingga perannya cenderung sebagai elemen pendukung (Bequette & Bequette, 2012; Bequette, 2014). Sementara itu, keterkaitan antara *art* dan *creativity* menunjukkan bahwa seni memiliki kontribusi penting dalam mendorong kreativitas dan inovasi dalam pembelajaran (Pepler & Thompson, 2024), meskipun belum menjadi fokus utama. Selain itu, dominasi pendekatan kuantitatif dalam penelitian STEAM menyebabkan kontribusi seni yang bersifat kontekstual dan kualitatif menjadi lebih sulit diukur secara empiris (Aguilera & Ortiz, 2021). Kondisi ini mengindikasikan adanya kecenderungan bias epistemologis yang masih mengunggulkan disiplin STEM dibandingkan seni.

Selanjutnya, untuk memahami dinamika perkembangan tema penelitian dari waktu ke waktu, dilakukan analisis *thematic evolution* yang ditampilkan pada Gambar 3. Analisis ini memberikan gambaran mengenai perubahan fokus penelitian serta bagaimana posisi komponen “Art” berkembang dalam kerangka STEAM.



Gambar 3. Perkembangan Tema Penelitian STEAM (2010–2024)

Berdasarkan Gambar 3, perkembangan tema penelitian menunjukkan adanya pergeseran yang cukup signifikan. Pada periode awal (2010–2011), tema *arts integration* mendominasi, yang menunjukkan bahwa seni masih berada pada tahap pengenalan sebagai elemen tambahan dalam pembelajaran berbasis STEM (Bequette & Bequette, 2012; Jho et al., 2016). Pada periode 2012–2016, tema penelitian berkembang menjadi lebih beragam, seperti *arts education*, *STEAM education*, dan *professional development*, yang menandakan bahwa seni mulai terintegrasi dalam praktik pembelajaran serta didukung oleh kesiapan guru (Alsina & Silva-Hormazábal, 2023; Koirala & Neupane, 2023). Selanjutnya, pada periode 2017–2023, muncul tema berbasis teknologi seperti *augmented reality* dan *integrated STEAM*, yang menunjukkan bahwa seni beradaptasi dengan perkembangan teknologi digital, namun masih berada dalam posisi subordinat. Pada periode terbaru (2024), tema *interdisciplinary education* dan *primary education* menunjukkan bahwa STEAM mulai diarahkan pada pendekatan yang lebih holistik dan diterapkan sejak pendidikan dasar, sehingga peran seni menjadi semakin strategis dalam membangun kreativitas dan pembelajaran kontekstual (Lu, Wu, & Huang, 2022).

Secara keseluruhan, hasil analisis ini menunjukkan bahwa eksistensi komponen “Art” dalam STEAM telah mengalami perkembangan dari tahap pengenalan, menuju integrasi, hingga adaptasi dalam konteks teknologi dan pembelajaran interdisipliner. Namun demikian, meskipun seni semakin terintegrasi dalam berbagai tema penelitian, posisinya masih cenderung sebagai elemen pendukung dan belum sepenuhnya setara dengan disiplin STEM. Oleh karena itu, diperlukan upaya yang lebih sistematis untuk memperkuat posisi seni dalam STEAM, baik melalui pengembangan kurikulum yang lebih seimbang, peningkatan kompetensi guru, maupun inovasi dalam metode evaluasi yang mampu mengukur kontribusi seni secara komprehensif. Dengan demikian, STEAM dapat berkembang sebagai pendekatan pendidikan yang benar-benar integratif, seimbang, dan relevan dengan tuntutan abad ke-21.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa eksistensi komponen “Art” dalam STEAM mengalami penguatan secara signifikan pada periode 2010–2024, ditandai dengan pergeseran dari tahap pengenalan menuju integrasi dan adaptasi dalam pembelajaran berbasis teknologi

dan pendekatan interdisipliner. Namun demikian, seni masih berada dalam posisi *integrated but not yet equal*, yaitu telah terintegrasi tetapi belum sepenuhnya setara dengan disiplin STEM.

Temuan ini menegaskan bahwa penguatan peran seni menjadi kunci untuk mewujudkan STEAM yang benar-benar seimbang, integratif, dan relevan dengan tuntutan pembelajaran abad ke-21.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). Stem vs. Steam education and student creativity: A systematic literature review. *Education Sciences*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
- Alsina, Á., & Silva-Hormazábal, M. (2023). Promoting Mathematics Teacher Education for Sustainability through a STEAM approach; [Promoviendo la formación del profesorado de matemáticas para la sostenibilidad desde un enfoque STEAM]. *Avances de Investigacion En Educacion Matematica*, (23), 105 – 125. <https://doi.org/10.35763/aiem23.5402>
- Bequette, J. W., & Bequette, M. B. (2012). A place for art and design education in the STEM conversation. *Art Education*, 2(65), 40–47.
- Bequette, James W. (2014). Culture-Based Arts Education That Teaches against the Grain: A Model for Place-Specific Material Culture Studies. *Studies in Art Education*, 55(3), 214 – 226. <https://doi.org/10.1080/00393541.2014.11518931>
- English, L. D. (2017). Advancing Elementary and Middle School STEM Education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15, 5–24. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9802-x>
- Hassan Lee J. & Wang S., M. (2022). Trends in STEAM education: A systematic review and bibliometric analysis. *Educational Research Review*, 4(34), 102–118. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100193>
- How, M.-L., & Hung, W. L. D. (2019). Educating AI-thinking in science, technology, engineering, arts, and mathematics (STEAM) education. *Education Sciences*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/educsci9030184>
- Hsiao, P.-W., & Su, C.-H. (2021). A study on the impact of steam education for sustainable development courses and its effects on student motivation and learning. *Sustainability (Switzerland)*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/su13073772>
- Jamil, F. M., Linder, S. M., & Stegeline, D. A. (2018). Early Childhood Teacher Beliefs About STEAM Education After a Professional Development Conference. *Early Childhood Education Journal*, 46(4), 409–417. <https://doi.org/10.1007/s10643-017-0875-5>
- Jho, H., Hong, O., & Song, J. (2016). An analysis of STEM/STEAM teacher education in Korea with a case study of two schools from a community of practice perspective. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(7), 1843–1862. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1538a>
- Koirala, K. P., & Neupane, N. (2023). Headteachers' understanding on STEAM-based integrated curriculum practice in Nepal. *Discover Education*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s44217-023-00056-9>
- Liao, C. (2016). From Interdisciplinary to Transdisciplinary: An Arts-Integrated Approach to STEAM Education. *Art Education*, 69(6), 44–49. <https://doi.org/10.1080/00043125.2016.1224873>
- Lu, S. Y., Wu, C. L., & Huang, Y. M. (2022). ... disabled STEAM-students' education learning outcomes and creativity under the UN sustainable development goal: project-based learning oriented STEAM *Sustainability*, (Query date: 2024-12-02 14:45:2840 cites:

- [https://scholar.google.com/scholar?cites=17425160351797557831 & as_sdt=2005 & sciodt=2007 & hl=en](https://scholar.google.com/scholar?cites=17425160351797557831&as_sdt=2005&sciodt=2007&hl=en). Retrieved from <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/2/679><https://www.mdpi.com/2071-1050/14/2/679>
- Park, N. (2015). Korea STEAM education program: Video continuity, crude oil of 21st century—big data. *Advanced Science Letters*, 21(3), 496–498. <https://doi.org/10.1166/asl.2015.5820>
- Pepper, D. (2017). The importance of the arts in STEAM education. *Creative Education*, 2(8), 147–155. <https://doi.org/10.4236/ce.2017.82014>
- Peppler, K., & Thompson, N. (2024). Tools and materials as non-neutral actors in STEAM education. *Journal of the Learning Sciences*, 33(4–5), 719–756. <https://doi.org/10.1080/10508406.2024.2380694>
- Perignat, E., & Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*, 31, 31 – 43. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>
- Quigley, C. F., & Herro, D. (2016). “Finding the Joy in the Unknown”: Implementation of STEAM Teaching Practices in Middle School Science and Math Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(3), 410 – 426. <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9602-z>
- Sullivan & Reeve M, F. R. (2013). The role of the arts in the education of engineers. *The Role of the Arts in the Education of Engineers*, 1(32), 11–18. <https://doi.org/10.1111/j.1476-8070.2013.01754>
- Tsai, M.-J., Wang, C.-Y., & Hsu, P.-F. (2019). Developing the Computer Programming Self-Efficacy Scale for Computer Literacy Education. *Journal of Educational Computing Research*, 56(8), 1345 – 1360. <https://doi.org/10.1177/0735633117746747>
- Zhang et al, T. (2021). Exploring trends in STEAM education research. *Educational Technology & Society*, 1(24), 33–45. <https://doi.org/10.1016/j.edtechs.2020.11.003>