



Bibliometric analysis of STEAM in physics education: exploring scopus database on the last decades (2013-2023)

Indri Febilioni Ruhjana , Hadi Nasbey , Firmanul Catur Wibowo

Artikel ini telah dipresentasikan pada kegiatan Seminar Nasional Fisika (Sinafi 9.0)

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

23 September 2023

Abstract

Physics education currently combines science, technology, engineering, art, and mathematics (the STEAM concept) in learning, creating a more interesting and creative way of learning. This study used 57 articles from the Scopus database with publication years ranging from 2013 to 2023. This study aimed to provide an understanding of STEAM research in physics education. This article conducts a bibliometric analysis of the STEAM literature in physics education, focusing on three main research questions: (1) How is the development of research on STEAM in physics education? (2) Which authors, affiliations, and countries have contributed the most to research on STEAM in physics education? (3) Who is most often used as the subject of STEAM research in physics education? This study combines quantitative analysis with descriptive methods. In the process of this research, two software tools were employed: Bibliometrix R-tool and BiblioShiny for data analysis, dimensionality reduction, and information mapping, and Flourish for data visualization. The results of this study for the first question found that the annual growth rate was 17.46%. This indicates that the number of journal articles discussing incorporating STEAM in physics education continues to increase, reflecting the increasing discussion and sharing of information on this topic. This research also found Jesionkowska J to be the author who is in the top ranking for the most frequently mentioned documents globally, the University of Ceu Cardenal Herrera to be the institution that has contributed the most to STEAM Physics Education research, and Spain is the top ranking for the country that has contributed the most to research. STEAM in physics education. In addition, it was also found that the top STEAM research subjects in the field of physics education were SMA/SMK students and teaching staff.

Keywords: *Physics · Education · Science · STEAM · STEM · Bibliometric*

PENDAHULUAN

Pembelajaran STEAM, yang melibatkan ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, matematika, seni, dan humaniora, telah menjadi semakin populer di sekolah dasar, menengah, dan atas dalam dekade terakhir, sebagaimana dibahas dalam laporan Akademi Nasional tahun 2018 (Lindsay, 2021). STEAM menggabungkan "seni" (*arts*) dengan pembelajaran STEM. Gabungan STEAM ini memungkinkan seni dan ilmu STEM saling berhubungan, yang tidak hanya meningkatkan keterlibatan dan pembelajaran peserta didik, tetapi juga membantu membuka pikiran kreatif dan inovatif dengan melibatkan berbagai disiplin ilmu (DeJarnette, 2018). Lingkungan pembelajaran STEAM, yang menggabungkan elemen ilmu pengetahuan, teknologi, rekayasa, seni, dan matematika, dapat menjadi konteks yang sesuai untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21 bagi peserta didik (Mariano & Chiappe, 2021). Hal

✉ Corresponding Author
indrifebilioniruhjana_1302620078@mhs.unj.ac.id

Department of Physics Education, Jakarta State University, Jakarta, Indonesia.

How to Cite: Ruhjana, I.F., Nasbey, H. & Wibowo, F.C (2023). Bibliometric analysis of STEAM in physics education: exploring scopus database on the last decades. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 2(1), 145-154. <http://proceedings.upi.edu/index.php/sinafi>

ini telah menarik banyak perhatian dalam pengembangan kurikulum saat ini, dengan tujuan yang lebih luas daripada sebelumnya, serta penekanan yang lebih besar pada pengembangan kreativitas (Cook et al., 2020) Pendekatan ini juga telah terbukti memiliki dampak positif pada motivasi siswa dan meningkatkan kepercayaan diri mereka dalam lingkungan belajar yang mendukung eksplorasi, percobaan, dan berpikir kritis (Conradty et al., 2020). Pembelajaran STEAM melibatkan siswa dalam aktivitas di mana mereka menggunakan imajinasi dan keterampilan berpikir kritis untuk memahami masalah dunia nyata (Conradty & Bogner, 2019). Ini membantu siswa menghargai bagaimana seni dan sains dapat bekerja bersama dengan cara yang beragam, mengintegrasikan berbagai bentuk keterampilan dalam proses belajar. Pembelajaran STEAM membuat peserta didik menghargai bagaimana seni dan sains bersama-sama menggunakan berbagai bentuk keterampilan berpikir kritis, kreativitas, dan imajinasi ketika mereka mencoba memahami masalah nyata (Wilson & Hawkins, 2019). Pendekatan pembelajaran melalui STEAM diakui sebagai pendorong utama kemajuan pendidikan, dengan potensi untuk mengubah cara kita melihat pembelajaran di masa depan dalam era interaktif yang semakin berkembang (Tan et al., 2020).

Pendidikan fisika di sekolah saat ini sering diabaikan oleh siswa karena dianggap sulit dan tidak relevan dengan kehidupan sehari-hari. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengatasi kesulitan ini, dan pendidikan STEAM menjadi salah satu upaya yang bermakna (Moon & Kang, 2015). Pendidikan fisika memiliki keterkaitan yang kuat dengan pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Math*) karena menggabungkan aspek-aspek ilmiah, teknologi, dan matematika dengan elemen seni dan rekayasa. Pembelajaran STEAM dapat diterapkan dalam pembelajaran fisika, yang akan membantu siswa secara aktif membangun pengetahuan dan pemahaman mereka sendiri melalui proyek-proyek (Bin Amiruddin et al., 2022). Selain itu, pendidikan fisika juga menggabungkan pemecahan masalah, pemodelan matematika, dan eksperimen praktis, yang semuanya merupakan elemen kunci dalam pendekatan STEAM yang mendorong pemikiran kritis dan kreativitas siswa. Dengan demikian, pendidikan fisika dalam konteks STEAM membuka peluang bagi siswa untuk memahami dan mengaplikasikan konsep-konsep fisika dalam berbagai cara yang relevan dengan dunia nyata dan teknologi modern (Bedewy et al., 2021).

Pertumbuhan penelitian mengenai STEAM dalam pendidikan fisika dapat dianalisis menggunakan analisis bibliometrik. Analisis bibliometrik dapat memberikan manfaat bagi peneliti ketika mereka menyelidiki bahan referensi dan melakukan analisis sitiran dari setiap artikel yang diterbitkan dalam jurnal ilmiah serta jenis literatur ilmiah lainnya (Supriyadi et al., 2022). Analisis bibliometrik digunakan oleh penelitian untuk berbagai keperluan, termasuk mengidentifikasi tren terkini dalam kinerja artikel dan jurnal, tren kolaborasi, menganalisis struktur intelektual dari suatu area dalam penelitian yang sudah ada, mendapatkan pandangan menyeluruh mengenai suatu topik, menemukan celah pengetahuan, memperoleh ide penelitian, dan merinci kontribusi yang diharapkan dalam disiplin ilmunya. Dalam menganalisis bibliometrik, terdapat dua prosedur utama: pertama, analisis kinerja yang memanfaatkan data bibliografis untuk mengukur aktivitas penelitian dan dampaknya pada individu, kelompok, organisasi, atau negara; kedua, pemetaan ilmu yang difokuskan pada visualisasi struktur dan dinamika dalam suatu bidang penelitian (Trinidad et al., 2021). Analisis bibliometrik memerlukan penggunaan perangkat lunak. Bibliometrix/Biblioshiny, perangkat lunak utama untuk analisis bibliometrik, mengintegrasikan sebagian besar fitur analisis dari perangkat lunak

sebelumnya. Dengan berbagai kemampuannya, seperti ekstraksi dan analisis jaringan bibliometrik, analisis evolusi, pengembangan kinerja, deteksi lonjakan, dan visualisasi geospasial, *software* ini menjadi pilihan utama para peneliti untuk melakukan analisis bibliometrik (Moral-Muñoz et al., 2020).

Penelitian bibliometrik yang telah dilakukan umumnya mengambil tema STEAM ataupun Pendidikan Fisika secara terpisah. Ada dua penelitian bibliometrik yang telah dilakukan dalam bidang STEAM. Penelitian pertama dilakukan oleh José-Antonio dan rekan-rekan (2021) menggunakan basis data WoS (*Web of Science*) yang mendapatkan kesimpulan bahwa studi STEAM belum memiliki garis penelitian yang mapan namun trennya cenderung difokuskan pada cabang ilmiah pendidikan, dengan topik-topik termasuk perbedaan gender, pengaruh pada ras berbeda, perkembangan keterampilan siswa, dan pelatihan bagi guru dalam mengimplementasikan proses pembelajaran STEAM. Penelitian kedua dilakukan oleh Kurnia Santi dan rekan-rekan (2021) yang melakukan analisis dari basis data Scopus dengan periode 2013-2020 menggunakan aplikasi VosViewer. Penelitian tersebut mendapati topik-topik yang paling banyak diteliti yaitu pendidikan STEAM, pendidikan teknik, komputasi pendidikan, dan mahasiswa, serta diidentifikasi peluang studi mendatang dalam bidang STEAM. Selain itu, ada satu penelitian bibliometrik untuk menganalisis tren penelitian dalam pendidikan fisika pada 2015 oleh Seyedh Mahboobeh dan rekan-rekan. Penelitian tersebut mendapat kesimpulan bahwa publikasi dan kutipan dalam pendidikan fisika pada periode 1980-2013 mengalami peningkatan yang signifikan.

Sejauh ini, belum ada penelitian yang membahas lebih lanjut terkait analisis bibliometrik untuk tren penelitian STEAM dalam bidang pendidikan fisika. Oleh karena itu, studi bibliometrik yang komprehensif dan terkini tentang STEAM dalam bidang pendidikan fisika diperlukan. Artikel ini memberikan analisis bibliometrik untuk STEAM dalam pendidikan fisika dalam periode 2013-2023 dengan tiga tujuan utama penelitian yaitu:

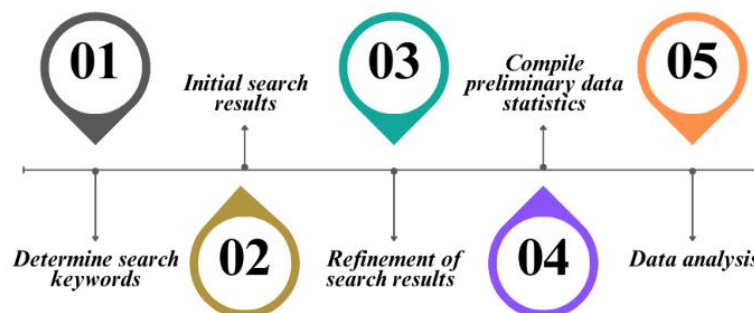
- 1) menganalisis perkembangan penelitian tentang STEAM dalam pendidikan fisika;
- 2) menganalisis penulis, instansi, dan negara yang paling berkontribusi pada penelitian tentang STEAM dalam pendidikan fisika;
- 3) menganalisis subjek yang paling sering digunakan untuk penelitian STEAM dalam pendidikan fisika.

METODE

Tujuan dari studi bibliometrik ini adalah untuk melakukan pemeriksaan terhadap karya akademik sebelumnya yang telah dilakukan tentang Pendidikan Fisika dalam bidang STEAM. Studi ini menggabungkan analisis kuantitatif dengan metode deskriptif. Analisis bibliometrik membantu (a) mendapatkan informasi tentang struktur intelektual dan kerangka konseptual suatu bidang (Büyükkidik, 2022); (b) mengungkapkan dan memetakan fokus penelitian ilmiah yang kumulatif dan (c) memberikan gambaran menyeluruh tentang output ilmiah dan perkembangannya seiring waktu dalam bidang penelitian yang sedang diteliti (Donthu et al., 2021). Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Scopus. Scopus dikenal luas karena memiliki basis data terbesar dalam berbagai bidang, termasuk bidang akademik seperti ilmu alam, komputasi, dan lainnya (Liu et al., 2021). Penelitian ini menggunakan *software* Bibliometrix R-Tool yaitu Biblioshiny untuk membantu menghitung berbagai metrik penting

seperti jumlah kutipan dan frekuensi lainnya dalam penelitian tentang tren literatur STEAM dalam pendidikan fisika. Alat ini sangat berguna karena dapat diakses secara gratis.

Metode penelitian ini mengadopsi metode lima tahap (Hudha et al., 2020) seperti yang terlihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Langkah-langkah analisis bibliometrik

Determine search keywords

Pencarian literatur dilakukan pada 20 Agustus 2023 dengan menggunakan dua kata kunci yaitu “STEAM Physics Educational” dan kedua yaitu “STEAM Learning Physics”. Pencarian data dilakukan dalam database Scopus (www.scopus.com).

Initial search results

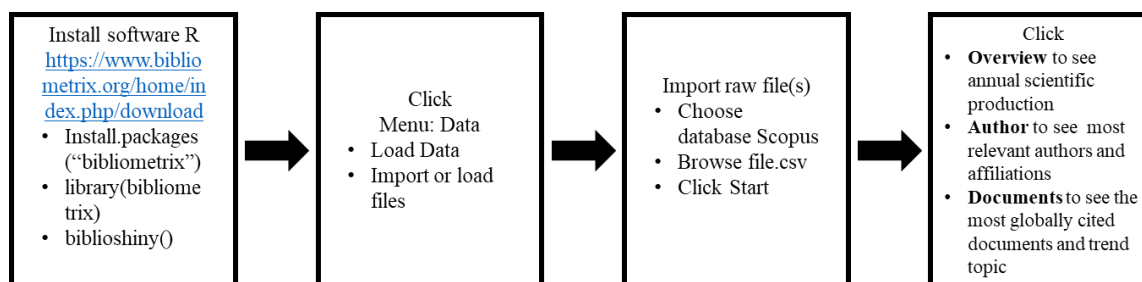
Pengumpulan data dilakukan pada database Scopus dengan membatasi periode publikasi yaitu 2013-2023. Kata kunci pertama menghasilkan 26 judul artikel, sedangkan kata kunci kedua menghasilkan 73 judul artikel. Hasil pencarian disimpan dalam format csv untuk mencakup semua informasi artikel penting seperti judul artikel, nama penulis, dan afiliasi, abstrak, kata kunci, dan referensi.

Refinement of search results

Hasil pencarian diseleksi kembali secara manual dengan menghapus artikel yang duplikat serta yang kurang relevan dengan tema penelitian dengan total artikel sebanyak 42. Dengan demikian, terdapat 57 artikel yang relevan untuk diteliti menggunakan analisis bibliometrik.

Compile preliminary data statistics

Metadata dimasukkan ke dalam perangkat lunak Bibliometrix R-Tool dan Biblioshiny dengan tahapan sebagai berikut:



Gambar 2. Langkah-langkah analisis dengan Bibliometrix R-Tool dan Biblioshiny

Berikut adalah tahapan untuk menggunakan Biblioshiny: Unduh dan instal *R programming language* dari situs cran, unduh dan instal R Studio dari situs web, jalankan perintah `install.packages("bibliometrix")` di R Studio, aktifkan paket bibliometrix dengan perintah `library("bibliometrix")`, dan terakhir, ketik dan jalankan perintah `biblioshiny` untuk membuka antarmuka pengguna yang ramah. Pastikan komputer terhubung ke internet selama proses ini. Setelah website Biblioshiny terbuka, klik `load data` dan upload file yang akan dianalisis dengan sumber *database Scopus*, kemudian klik `start`. Informasi hasil analisis bibliometrik akan muncul sesuai kebutuhan dengan memilih menu disebelah kiri yaitu *Overview, Authors, Documents* dan lain-lain.

Data analysis

Biblioshiny untuk membantu menghitung berbagai metrik penting seperti jumlah kutipan dan frekuensi lainnya dalam penelitian tentang tren literatur STEAM dalam pendidikan fisika. Dalam analisis ini, dihasilkan berbagai data seperti data jumlah publikasi pertahun, data sumber yang paling banyak disitasi sampai pada negara yang paling banyak berkontribusi dalam penelitian STEAM bidang pendidikan fisika. Data disajikan dalam bentuk tabel maupun gambar menggunakan *website* visualisasi data gratis yaitu Flourish agar lebih menarik dan mudah dimengerti.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perkembangan penelitian tentang STEAM bidang pendidikan fisika

Proyek penelitian tentang STEAM bidang pendidikan fisika telah dilakukan sebanyak 43 sumber dengan total dokumen mencapai 111 dalam periode 2013 sampai 2023, seperti pada Tabel 1. Tabel 1 juga menunjukkan bahwa tingkat pertumbuhan tahunannya sebesar 17.46% dengan rata-rata jumlah kutipan perdokumen yaitu 2,3. Data ini menunjukkan bahwa penelitian STEAM dalam pendidikan fisika terus meningkat setiap tahunnya dan rata-rata dokumen pernah dikutip sebanyak 2 kali. Total penulis yang berkontribusi dalam publikasi STEAM bidang pendidikan fisika adalah 187 orang, yang dimuat dalam 4 jenis dokumen yaitu artikel, bagian buku, publikasi konferensi, dan review.

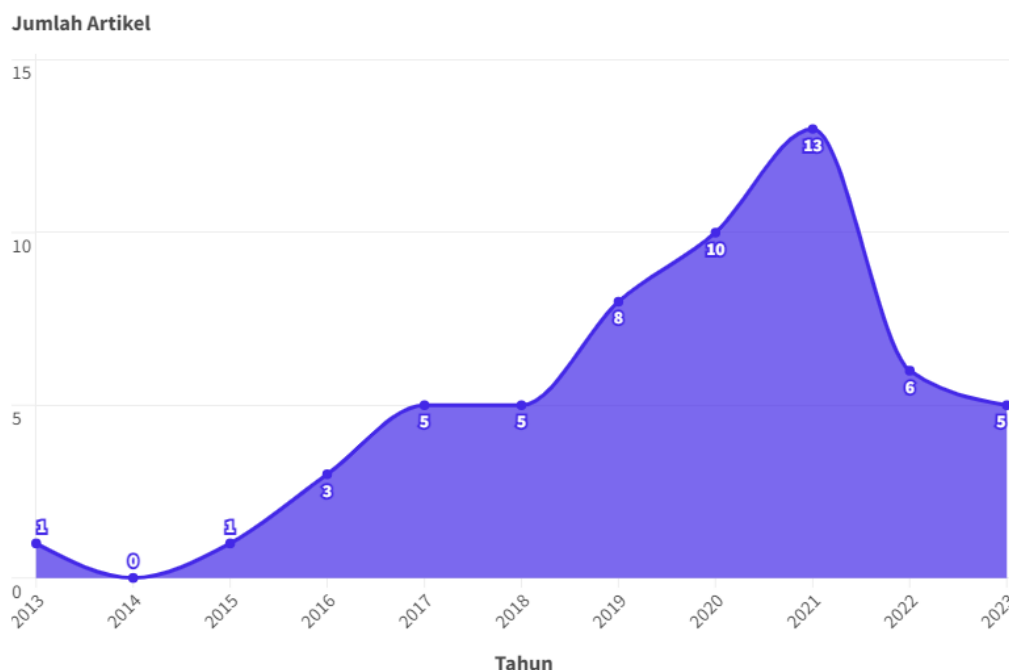
Tabel 1. Informasi Utama

| No. | Type | Jumlah |
|-----|---------------------------------|-----------|
| 1. | Timespan | 2013:2023 |
| 2. | Sources (Journals, Books, etc.) | 43 |
| 3. | Documents | 111 |
| 4. | Annual Growth Rate % | 17.46 |
| 5. | Average citations per doc | 2.342 |
| 6. | References | 1 |
| 7. | Authors | 187 |
| 8. | Document | 57 |
| 9. | Article | 24 |
| 10. | Book Chapter | 3 |
| 11. | Conference Paper | 29 |
| 12. | Review | 1 |

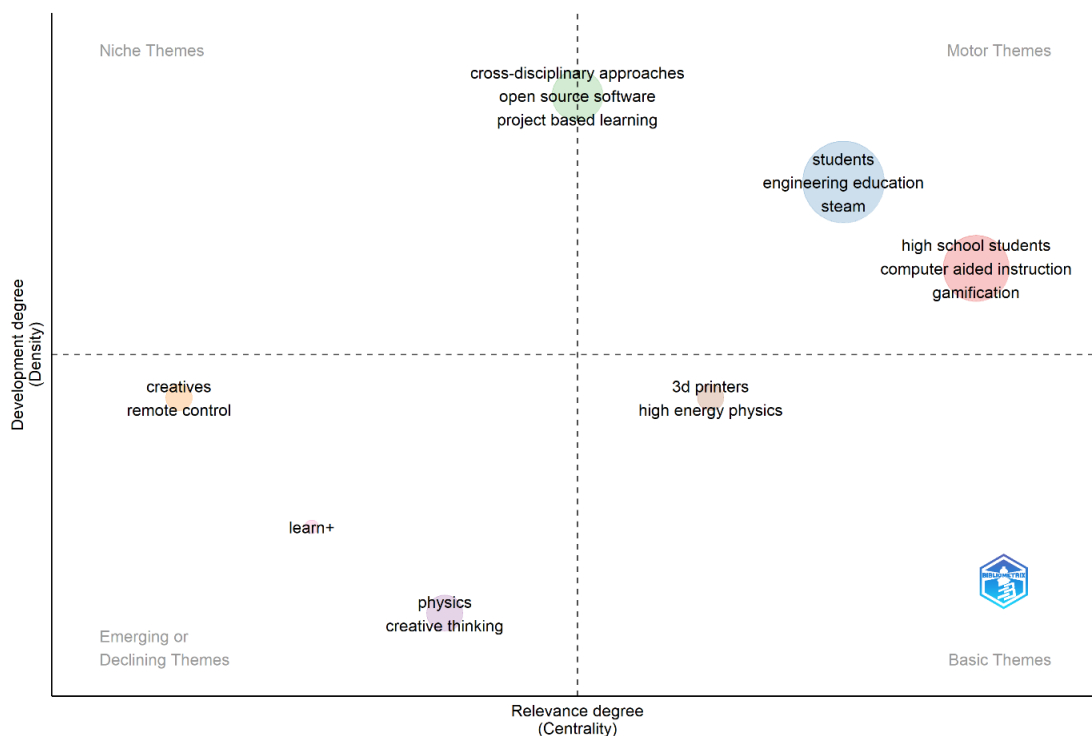
Gambar 1 menunjukkan jumlah publikasi STEAM bidang pendidikan fisika setiap tahun antara tahun 2013 sampai 2023. Gambar tersebut menunjukkan bahwa penelitian tentang STEAM bidang pendidikan fisika meningkat secara signifikan dan relatif stabil, dengan rata-

rata jumlah publikasi 5 manuskrip pertahun. Publikasi meningkat setiap tahunnya mulai dari 2014, mencapai puncaknya pada 2021 dengan jumlah 13 publikasi. Setelah itu, publikasi mulai menurun di 2022 menjadi 6 publikasi. Terakhir, jumlah publikasi pada tahun 2023 adalah 5 publikasi.

Gambar 2 adalah *thematic map* atau peta tema yang menunjukkan kelompok data dan kata kunci penting mengenai publikasi STEAM bidang pendidikan fisika dalam kurun waktu 2013 sampai 2023. Analisis tematik melibatkan penggabungan kelompok kata kunci penulis dan pola hubungannya untuk menemukan tema-tema, yang kemudian ditandai oleh sifat-sifat seperti seberapa padat dan seberapa pusatnya keterkaitannya (Agbo et al., 2021). Pada analisis tematik ini, sumbu horizontal (X) mengukur seberapa pentingnya suatu tema, sementara sumbu vertikal (Y) mengukur seberapa banyak tema tersebut berkembang dalam bidang tersebut. Peta ini membagi data menjadi empat bagian berdasarkan posisi di kuadran. Kuadran pertama menunjukkan tema-tema yang sangat penting dan berkembang dengan baik dalam struktur penelitian, yang dalam hal ini yaitu *highschool student*, *computer aided instruction*, *gamification*, *engineering education*, dan *STEAM*. Kuadran kedua berisi tema-tema yang berkembang dengan baik tetapi terisolasi, yang tidak terlalu penting dalam bidang penelitian tersebut. Kuadran ketiga memuat tema-tema yang baru muncul atau mengalami penurunan dalam perkembangannya, yang mungkin belum banyak diperhatikan dalam bidang tersebut. Kuadran keempat berisikan tema-tema dasar dan universal yang relevan untuk berbagai bidang penelitian dalam domain tersebut. Tema-tema ini dan subtemanya memberikan arah kemungkinan masa depan serta area penelitian yang penting (Nasir et al., 2020).



Gambar 1. Publikasi STEAM bidang pendidikan fisika selama 10 tahun terakhir



Gambar 2. Peta Tema publikasi STEAM bidang pendidikan fisika dalam 4 kuadran

Penulis, intansi, dan negara yang paling berkontribusi pada penelitian tentang STEAM dalam pendidikan fisika.

Hasil dari tabel 2 menunjukkan bahwa STEAM bidang pendidikan fisika memiliki sebagian besar dokumen yang telah dikutip secara global. Jesionkowska J (2020) menjadi dokumen dengan jumlah 57 kutipan dengan presentase 14.25% kutipan pertahun. Artikel yaitu Anisimova Ti (2020) yang diterbitkan dalam Int J Emerg Technol Learn memiliki total 32 kutipan dengan presentase 8.00% kutipan pertahun. Selanjutnya dokumen Educ Sci oleh Conradty C (2020) yang memiliki jumlah kutipan sebanyak 32 kutipan dan Bassachs (2020) dengan jumlah kutipan sebanyak 20 kutipan.

Menurut Tabel 3, University Ceu Cardenal Herrera telah menghasilkan artikel terbanyak yaitu 14 publikasi. Di urutan berikutnya adalah National Research Council of Italy dengan jumlah sebanyak 7 publikasi. Selain itu, South China Normal University, Universitas Pendidikan Indonesia dan University of Girona memiliki jumlah publikasi yang sama yaitu 5 publikasi.

Tabel 2. Dokumen yang paling banyak dikutip secara global

| No. | Paper | TC | TC/Year |
|-----|---|----|---------|
| 1. | Jesionkowska J, 2020, Educ Sci | 57 | 14.25 |
| 2. | Anisimova Ti, 2020, Int J Emerg Technol Learn | 32 | 8.00 |
| 3. | Conradty C, 2020, Educ Sci | 30 | 7.50 |
| 4. | Bassachs M, 2020, Educ Sci | 20 | 5.00 |
| 5. | Karppinen S, 2019, Int J Technol Des Educ | 13 | 2.60 |

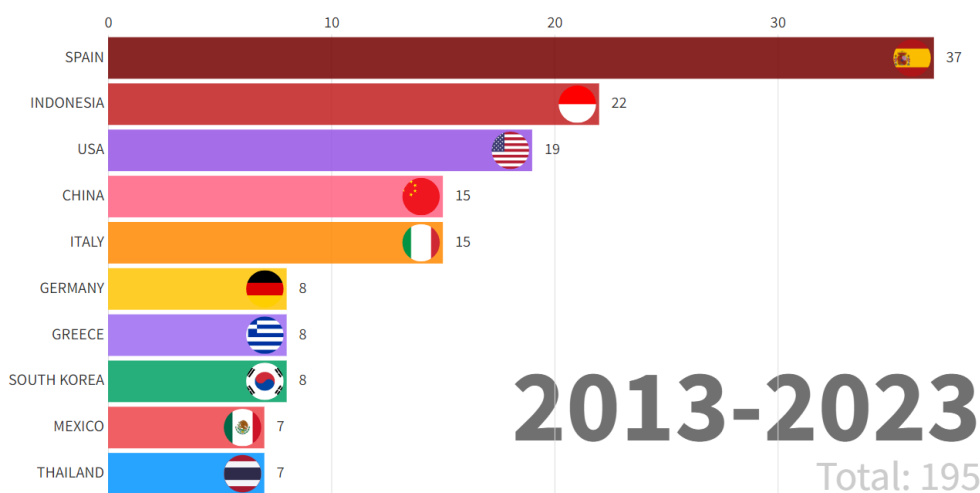
Tabel 3. Afiliator paling relevan

| No. | Afiliator | Jumlah Penulis |
|-----|-----------|----------------|
|-----|-----------|----------------|



| | | |
|----|------------------------------------|----|
| 1. | University Ceu Cardenal Herrera | 14 |
| 2. | National Research Council Of Italy | 7 |
| 3. | Universitas Pendidikan Indonesia | 5 |
| 4. | University Of Girona | 5 |
| 5. | South China Normal University | 5 |

Berdasarkan data yang didapatkan untuk publikasi STEAM bidang pendidikan fisika dalam rentang tahun 2013 sampai 2023, Spanyol adalah negara yang paling banyak berkontribusi dalam publikasi STEAM bidang pendidikan fisika dengan total penulis yang berkontribusi sebanyak 37. Negara yang paling banyak berkontribusi kedua yaitu Indonesia dengan total 22 penulis (Gambar 3)



Gambar 3. Negara yang paling berkontribusi

Subjek yang paling sering digunakan untuk penelitian STEAM dalam pendidikan fisika

Penelitian STEAM bidang pendidikan fisika yang telah dilakukan 10 tahun terakhir umumnya menggunakan siswa SMA/SMK sebagai subjek. Hal ini diketahui berdasarkan analisis abstrak pada 57 artikel yang didapatkan. Penelitian dengan subjek siswa SMA/SMK berjumlah 17 dokumen, diikuti oleh guru sebagai subjek yang paling banyak diteliti kedua mengenai STEAM bidang pendidikan fisika. Siswa SMP juga sering digunakan sebagai subjek penelitian dengan total dokumen sebanyak 8, serta siswa SD dan mahasiswa dengan total dokumen penelitian masing-masing 7.

Tabel 4. Subjek penelitian

| No. | Subjek | Total Dokumen |
|-----|------------------|---------------|
| 1. | SD | 7 |
| 2. | SMP | 8 |
| 3. | SMA/SMK | 17 |
| 4. | Guru | 10 |
| 5. | Mahasiswa | 7 |
| 6. | Perawat | 1 |
| 7. | Tanpa Keterangan | 15 |

SIMPULAN

Analisis bibliometrik mengenai STEAM bidang pendidikan fisika dilakukan dengan menggunakan 57 artikel dan 2 software yaitu Bibliometrix R-Tool Biblioshiny, dan Flourish. Analisis bibliometrik dengan teknik kuantitatif deskriptif mengenai STEAM bidang pendidikan fisika menghasilkan beberapa kesimpulan. Kesimpulan pertama yaitu tren penelitian dalam bidang STEAM pendidikan fisika meningkat setiap tahun secara signifikan, dengan rata-rata pertumbuhan tahunan sebesar 17.46%. Berdasarkan *thematic map*, tema-tema yang sangat penting dan berkembang dengan baik dalam struktur penelitian, yang dalam hal ini yaitu *highschool student*, *computer aided instruction*, *gamification*, *engineering education*, dan STEAM. Kesimpulan kedua yaitu Jesionkowska J menjadi penulis yang menduduki peringkat teratas untuk dokumen yang paling sering disebutkan secara global, Universitas Ceu Cardenal Herrera menjadi lembaga yang paling banyak berkontribusi pada penelitian Pendidikan Fisika STEAM, dan Spanyol menjadi negara yang paling banyak berkontribusi dalam penelitian tersebut. Kesimpulan ketiga yaitu penelitian STEAM bidang pendidikan fisika yang telah dilakukan 10 tahun terakhir umumnya menggunakan siswa SMA/SMK sebagai subjek.

Penelitian ini bertujuan untuk menunjukkan bagaimana topik STEAM bidang pendidikan fisika telah berkembang seiring waktu, sehingga peneliti di masa depan dapat memanfaatkan temuan ini untuk penelitian yang lebih bermanfaat. Dengan artikel ini, peneliti dapat mengetahui kelebihan dan kelemahan dalam topik STEAM bidang pendidikan fisika serta menemukan ide-ide baru untuk penelitian di masa depan. Namun, perlu diingat bahwa studi ini memiliki batasan karena beberapa hasil penelitian di Scopus tidak dapat diakses sepenuhnya. Dengan penelitian yang lebih mendalam, kita juga bisa mengetahui bagaimana implementasi pembelajaran STEAM bagi siswa dalam membantu mereka mempelajari fisika lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- Agbo, F. J., Oyelere, S. S., Suhonen, J., & Tukiainen, M. (2021). Scientific production and thematic breakthroughs in smart learning environments: a bibliometric analysis. *Smart Learning Environments*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00145-4>
- Bedewy, S. El, Choi, K., Lavicza, Z., Fenyvesi, K., & Houghton, T. (2021). *STEAM Practices to Explore Ancient Architectures Using Augmented Reality and 3D Printing with GeoGebra*. *Open Education Studies*, 3(1), 176–187. <https://doi.org/10.1515/edu-2020-0150>
- Bin Amiruddin, M. Z., Magfiroh, D. R., Savitri, I., & Binti Rahman, S. M. I. (2022). Analysis of The Application of The STEAM Approach to Learning In Indonesia: Contributions to Physics Education. *International Journal of Current Educational Research*, 1(1), 1–17. <https://doi.org/10.53621/ijocer.v1i1.139>
- Büyükkidik, S. (2022). A Bibliometric Analysis: A Tutorial for the Bibliometrix Package in R Using IRT Literature. *Journal of Measurement and Evaluation in Education and Psychology*, 13(3), 164–193. <https://doi.org/10.21031/EPOD.1069307>
- Conradty, C., & Bogner, F. X. (2019). From STEM to STEAM: Cracking the Code? How Creativity & Motivation Interacts with Inquiry-based Learning. *Creativity Research Journal*, 31(3). <https://doi.org/10.1080/10400419.2019.1641678>
- Conradty, C., Sotiriou, S. A., & Bogner, F. X. (2020). How creativity in STEAM modules intervenes with self-efficacy and motivation. *Education Sciences*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/educsci10030070>
- Cook, K., Bush, S., Cox, R., & Edelen, D. (2020). Development of elementary teachers' science, technology, engineering, arts, and mathematics planning practices. *School Science and Mathematics*, 120(4). <https://doi.org/10.1111/ssm.12400>

- DeJarnette, N. K. (2018). Implementing STEAM in the Early Childhood Classroom. *European Journal of STEM Education*, 3(3). <https://doi.org/10.20897/ejsteme/3878>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Hudha, M. N., Hamidah, I., Permanasari, A., Abdullah, A. G., Rachman, I., & Matsumoto, T. (2020). Low carbon education: A review and bibliometric analysis. In *European Journal of Educational Research* (Vol. 9, Issue 1, pp. 319–329). Eurasian Society of Educational Research. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.9.1.319>
- Lindsay, S. M. (2021). *Integrating microscopy, art, and humanities to power STEAM learning in biology*. *Invertebrate Biology*, 140(1). <https://doi.org/10.1111/ivb.12327>
- Liu, W., Huang, M., & Wang, H. (2021). *Same journal but different numbers of published records indexed in Scopus and Web of Science Core Collection: causes, consequences, and solutions*. In *Scientometrics* (Vol. 126, Issue 5). <https://doi.org/10.1007/s11192-021-03934-x>
- Mariano, W. K., & Chiappe, A. (2021). *21st-century skills and their relationship to STEAM learning environments: A review*. In *Revista de Educación a Distancia* (Vol. 21, Issue 68). Universidad de Murcia. <https://doi.org/10.6018/red.470461>
- Moon, S., & Kang, K. (2015). *Trend of STEAM education-related domestic studies focusing on physics-related studies*. *New Physics: Sae Mulli*, 65(12), 1199–1208. <https://doi.org/10.3938/NPSM.65.1199>
- Moral-Muñoz, J. A., Herrera-Viedma, E., Santisteban-Espejo, A., & Cobo, M. J. (2020). *Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review*. In *Profesional de la Información* (Vol. 29, Issue 1). <https://doi.org/10.3145/epi.2020.ene.03>
- Nasir, A., Shaukat, K., Hameed, I. A., Luo, S., Alam, T. M., & Iqbal, F. (2020). *A Bibliometric Analysis of Corona Pandemic in Social Sciences: A Review of Influential Aspects and Conceptual Structure*. In *IEEE Access* (Vol. 8). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3008733>
- Supriyadi, E., Dahlan, J. A., Darhim, D., & Taban, J. (2022). Bibliometric Analysis: Trend of ICT and RME Researches. *Eduma: Mathematics Education Learning and Teaching*, 11(2). <https://doi.org/10.24235/eduma.v11i2.11023>
- Tan, W.-L., Samsudin, M. A., Ismail, M. E., & Ahmad, N. J. (2020). *GENDER DIFFERENCES IN STUDENTS' ACHIEVEMENTS IN LEARNING CONCEPTS OF ELECTRICITY VIA STEAM INTEGRATED APPROACH UTILIZING SCRATCH*. *Problems of Education in the 21st Century*, 78(3), 423–448. <https://doi.org/10.33225/pec/20.78.423>
- Trinidad, M., Ruiz, M., & Calderon, A. (2021). *A Bibliometric Analysis of Gamification Research*. *IEEE Access*, 9, 46505–46544. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3063986>
- Wilson, B., & Hawkins, B. (2019). *Art and Science in a Transdisciplinary Curriculum*. CIRCE: The Centre for Imagination in Research, Culture & Education.