



The potential of STEM-based curriculum in realizing 21st-century learning: Bibliometric analysis

Wahyudin¹, Muhammad Rafi Valliansyah², Cindy Sri Meidina Adeliyani³, Muhammad Bahrul Ulum⁴

^{1,2,3,4}Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

wahyudin_sanusi@upi.edu¹, rafivalli261@upi.edu², cindysrimeidina@upi.edu³,

2003691muhammad.bahrul.ulum@upi.edu⁴

ABSTRACT

Education, in general, cannot be separated from various existing problems. One of these problems is a gap between graduate education and industry needs. This causes multidisciplinary learning, such as STEM, to be carried out. Extracting information related to research in the STEM curriculum field as an effort to realize 21st-century learning is important. This research aims to analyze the scope of STEM-based curriculum research in realizing 21st-century learning using a bibliometric review. Data collection was carried out through the Scopus database with the keywords ("STEM competency" AND "21st learning skills") OR (stem AND "21st learning skills") OR (stem AND curriculum AND student) from 2020 to 2025. This research discusses general information analysis, annual research production, most relevant sources, local impact sources, local impact authors, most relevant affiliations, country of correspondence author, country of production of scientific articles, most cited countries, most cited documents, tree map and related thematic map with previously defined keywords. This research found that the project-based learning model (PjBL) is suitable for implementation in STEM-based curricula to realize 21st-century learning. Some potential research keywords are students, curriculum, engineering education, engineering, motivation, and curriculum development.

ARTICLE INFO

Article History:

Received: 30 May 2024

Revised: 7 Jul 2024

Accepted: 10 Jul 2024

Available online: 15 Jul 2024

Publish: 30 Aug 2024

Keyword:

21st century learning; bibliometric analysis; education; R programming; stem-based curriculum

Open access

Inovasi Kurikulum is a peer-reviewed open-access journal.

ABSTRAK

Pendidikan secara umum tidak lepas dari berbagai permasalahan yang ada. Salah satu masalah tersebut adalah terdapat kesenjangan antara lulusan pendidikan dan kebutuhan industri. Hal ini menyebabkan pembelajaran multidisiplin ilmu seperti STEM perlu dilakukan. Penggalan informasi terkait penelitian dalam bidang kurikulum STEM sebagai upaya mewujudkan pembelajaran abad ke-21 menjadi penting. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ruang lingkup penelitian kurikulum berbasis STEM dalam mewujudkan pembelajaran abad ke-21 dengan menggunakan tinjauan bibliometrik. Pengumpulan data dilakukan melalui database scopus dengan kata kunci ("STEM competency" AND "21st learning skills") OR (stem AND "21st learning skills") OR (stem AND curriculum AND student) dari tahun 2020 sampai 2025. Penelitian ini membahas analisis informasi umum, produksi riset tahunan, sumber paling relevan, local impact sumber, local impact penulis, afiliasi paling relevan, negara korespondensi penulis, negara produksi artikel ilmiah, negara yang paling banyak disitasi, dokumen yang paling banyak disitasi, tree map dan thematic map terkait dengan kata kunci yang telah ditetapkan sebelumnya. Penelitian ini menemukan bahwa model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) cocok diimplementasikan dalam kurikulum berbasis STEM dalam mewujudkan pembelajaran abad ke-21. Beberapa kata kunci penelitian yang potensial berupa students, curricula, engineering education, engineering, motivation, dan curriculum development.

Kata Kunci: analisis bibliometrik; kurikulum berbasis STEM; pembelajaran abad ke-21; pemrograman R; pendidikan

How to cite (APA 7)

Wahyudin, W., Valliansyah, M. R., Adeliyani, C. S. M., & Ulum, M. B. (2024). The potential of STEM-based curriculum in realizing 21st-century learning: Bibliometric analysis. *Inovasi Kurikulum*, 21(3), 1411-1430.

Peer review

This article has been peer-reviewed through the journal's standard double-blind peer review, where both the reviewers and authors are anonymised during review.



2024, Wahyudin, Muhammad Rafi Valliansyah, Cindy Sri Meidina Adeliyani, Muhammad Bahrul Ulum. This an open-access is article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author, and source are credited. *Corresponding author: wahyudin_sanusi@upi.edu

INTRODUCTION

Pembangunan dan pemeliharaan pendidikan yang berkualitas sangat diperlukan (Sahinoglu, 2022). Bersama dengan penggunaan teknologi canggih yang menjadi keharusan (Leng *et al.*, 2022), pendidikan modern memerlukan proses digitalisasi untuk menunjang pembelajaran (Arisoy, 2022). Adaptasi pendidikan modern ditandai dengan integrasi teknologi dalam pendidikan untuk meningkatkan akses informasi peserta didik (Alenezi, 2023). Selain itu, transformasi digital di bidang pendidikan senantiasa melibatkan teknologi baru, pendekatan metodologis dan teoritis, serta praktik pedagogi (Thompson, 2021). Pendekatan pedagogis yang tengah berkembang yakni *open education* (Ibarra-Vazquez *et al.*, 2023), *unplugged activity* (Agbo *et al.*, 2024; Huang & Looi, 2020), *smart learning* (Huda *et al.*, 2023; Rosmansyah *et al.*, 2022), *mastery learning* (Johnston *et al.*, 2024; Winget & Persky, 2022), *outcome based education* (Saha *et al.*, 2023; Syeed *et al.*, 2022), *Science, Technology, Engineering, and Mathematic* (STEM) (Chen *et al.*, 2023; Xu & Ouyang, 2022).

Pendidikan STEM mempunyai pengaruh positif terhadap pembelajaran abad ke-21. Terdapat sebuah studi yang menyatakan bahwa pendidikan STEM dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik (Hacioğlu & Gülhan, 2021). Kemampuan berpikir kritis sendiri termasuk salah satu kemampuan abad ke-21 bersama dengan komunikasi, kreativitas, literasi digital, dan kolaborasi (Shadiev & Wang, 2022). Akhirnya, dipastikan bahwa pendidikan STEM memberikan kontribusi terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21 bagi calon guru sains (Hacioğlu, 2021). Hal ini tentunya menguatkan potensi STEM dalam memberikan pengaruh positif terhadap kemampuan abad ke-21 peserta didik.

Kajian mengenai STEM dan kemampuan abad ke-21 sudah dilakukan sebelumnya. Kajian mengenai pendidikan STEM berkaitan dengan disiplin ilmu lain telah diteliti oleh (Martynenko *et al.*, 2023). Terdapat suatu penelitian yang membahas kajian bibliometrik mengenai implementasi STEM (Phuong *et al.*, 2023). Penelitian bibliometrik lainnya telah mengkaji tentang peran pendidikan STEM dalam meningkatkan kualitas pendidikan (Jamali *et al.*, 2022). Penelitian meta analisis terkait efektivitas pembelajaran berbasis STEM dalam mengajarkan kemampuan abad ke-21 pada generasi Z dalam pelajaran sains. Dari beberapa penelitian singkat yang sudah dipaparkan, penelitian bibliometrik tentang potensi kurikulum berbasis STEM dalam mewujudkan pembelajaran abad ke-21 belum dilakukan (Ichsan *et al.*, 2023).

Pendidikan secara umum tidak lepas dari berbagai permasalahan yang ada. Salah satu permasalahan yang disoroti yaitu mengenai 'pendidikan' dan 'masa depan'. Hal ini didukung dengan penelitian yang menyatakan terdapat gap antara lulusan lembaga pendidikan dengan kebutuhan industri seperti pada sektor arsitektur (Lasheen *et al.*, 2022), pendidikan teknik (Broo *et al.*, 2022), rekayasa perangkat lunak (Cico *et al.*, 2021), STEM, dll. Permasalahan tersebut kemudian berdampak pada kompetensi keterampilan abad ke-21 remaja. Oleh karena itu, perlu adanya penggalian informasi berdasarkan data historis penelitian terkait kurikulum STEM untuk mewujudkan pembelajaran abad ke-21 Riset kurikulum berbasis STEM dalam mewujudkan pembelajaran abad ke-21 perlu dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis ruang lingkup penelitian kurikulum berbasis STEM dalam mewujudkan pembelajaran abad ke-21 dengan menggunakan tinjauan bibliometrik. Riset ini diharapkan dapat menjadi salah satu tambahan bagi khazanah ilmu di bidang STEM dalam mewujudkan pembelajaran abad ke-21.

LITERATURE REVIEW

Pembelajaran Abad ke-21

Kurikulum Abad-21 mendorong peserta didik untuk mengembangkan keterampilan dan pengetahuan yang relevan dengan dunia modern, di mana peserta didik harus dapat dengan cepat menyesuaikan diri dengan

perubahan masyarakat yang lebih kompleks dan saling terhubung secara global. Kerangka kerja pendidikan abad ke-21 menyoroti beberapa aspek penting seperti kemampuan berpikir kritis, komunikasi, kerja sama tim, penyusunan, literasi teknologi informasi dan komunikasi, literasi kontekstual, dan literasi media (Muhali, 2019). Memanfaatkan teknologi informasi, khususnya TIK, dalam pendidikan dapat meningkatkan motivasi dan kreativitas peserta didik. Hal yang penting bagi para pendidik adalah memanfaatkan teknologi dengan tetap menjaga integritasnya, memastikan penggunaannya sesuai dengan tujuan pendidikan, dan memberikan pengetahuan tentang tanda tangan digital, enkripsi data pribadi, dan keamanan internet kepada para peserta didik. Pembelajaran di abad ke-21 dirancang untuk mempersiapkan individu dengan keterampilan yang dibutuhkan di Industri 4.0 dan memfasilitasi pembelajaran berkelanjutan bagi semua orang (González-Pérez & Ramírez-Montoya, 2022).

Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)

Di era digital dan globalisasi yang terus berkembang ini, peran STEM dalam bidang pendidikan menjadi sangat penting. STEM memanfaatkan perkembangan teknologi sebagai alat untuk meningkatkan pembelajaran yang interaktif, mempersiapkan peserta didik untuk bisa dan mahir dalam menggunakan alat dan platform digital. Selain itu, STEM memiliki peran yang dapat mempersiapkan para peserta didik untuk menghadapi tantangan yang ada di masa depan khususnya tantangan kompleks di era digital yang terus berubah-ubah. Peserta didik dituntut dapat mengembangkan potensi dan keterampilan mereka dalam berpikir kritis, kreatif dan dapat berkolaborasi dengan siapapun. Pembelajaran STEM mengajarkan peserta didik untuk memiliki kemampuan berupa analisis, evaluasi hingga pemecahan masalah yang kompleks (Hulwani *et al.*, 2021).

Perubahan sikap terhadap pendidikan STEM di berbagai tingkat pendidikan, termasuk universitas, sekolah menengah, dan sekolah dasar. Manfaat berfokus pada bidang STEM untuk karir masa depan peserta didik, dan pentingnya memenuhi gaya belajar yang beragam. Pembelajaran STEM menunjukkan bahwa sikap peserta didik terhadap pendidikan STEM telah berkembang dalam beberapa tahun terakhir, dengan fokus pada pemikiran analitis dan keterampilan pemecahan masalah. Pentingnya mendukung peserta didik agar berhasil dalam mata pelajaran STEM dan membahas tentang bagaimana berbagai jenis peserta didik bereaksi terhadap gaya pengajaran yang berbeda (Martynenko *et al.*, 2023). Sehingga pembelajaran STEM tidak hanya mengembangkan keterampilan akademis saja, namun juga membentuk individu yang siap dalam menghadapi tantangan masa depan di era digital dan globalisasi. STEM juga diharapkan dapat terus memberikan hasil yang positif dari pengalaman dan program terhadap sikap peserta didik terhadap STEM di berbagai tingkat pendidikan dan dapat mengembangkan tenaga kerja yang mahir di tahun-tahun mendatang.

Bibliometrik

Bibliometrik adalah bidang studi yang menerapkan analisis kuantitatif dan statistik pada literatur untuk memberikan perspektif historis, mengevaluasi tren penelitian serta mengukur dampak publikasi dan penulis. Disiplin ilmu ini muncul pada awal abad ke-20 dan telah berkembang pesat dengan adanya kemajuan basis data digital dan alat komputasi. Analisis bibliometrik pertama kali digunakan dalam publikasi ilmiah oleh Alfred Lotka dan Samuel Bradford, dan sejak itu diperluas ke ilmu kedokteran dan perawatan kesehatan (Thompson & Walker, 2015). Metode penelitian analisis bibliometrik digunakan untuk menemukan topik utama, penulis, sumber, artikel yang paling banyak dikutip, dll dalam suatu literatur ilmiah (Rojas-Sánchez *et al.*, 2022). Jurnal ilmiah menjadi objek utama dalam kajian analisis bibliometrik karena jurnal ilmiah merupakan gudang pengetahuan umat manusia tentang berbagai fenomena di dunia, yang terorganisir berdasarkan topik dan tingkat pengaruhnya terhadap berbagai disiplin ilmu (Palla *et al.*, 2015).

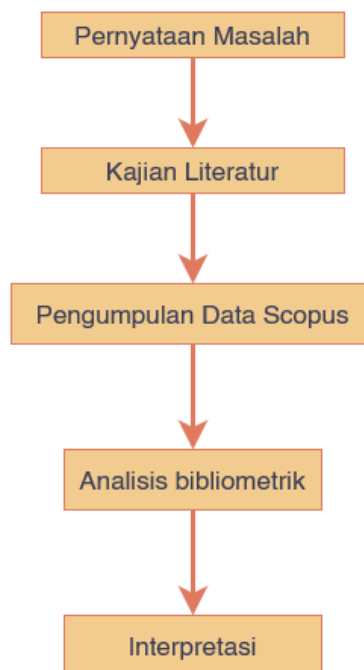
Perkembangan bibliometrik membawa kemudahan bagi para peneliti. Bibliometrik merupakan seperangkat metode kuantitatif yang digunakan untuk mengukur, melacak, serta menganalisis literatur ilmiah berbasis cetak. Analisis yang dilakukan oleh bibliometrik yaitu penggunaan data jumlah dan penulis publikasi ilmiah yang mencakup kutipan-kutipan untuk mengukur peneliti, institusi serta negara. Setelah dilakukan analisis bibliometrik diharapkan para pengguna dapat mengetahui jurnal/majalah inti dari berbagai disiplin ilmu, dapat memperkirakan tren ilmu pengetahuan pada berbagai disiplin ilmu hingga dapat mengkaji keusangan dan penyebaran literatur ilmiah (Habibi, 2022).

R Programming

Bahasa pemrograman R merupakan sebuah bahasa yang digunakan di lingkungan *software* yang dirancang untuk komputasi statistik dan grafik. Bahasa R digunakan untuk menganalisis data yang kompleks, pemodelan statistik serta representasi grafis. Program ini juga dilengkapi dengan banyak package yang bersifat *open source* terpopuler dan menjadi bahasa yang standar untuk dapat digunakan dalam analisis dan keperluan komputasi statistik yang canggih. R menggunakan istilah "*package*" untuk menggambarkan lokasi di mana data dan fungsi disimpan. Paket R terdiri dari dua jenis: paket standar yang harus ada dalam setiap perangkat lunak R dan paket khusus yang dibuat oleh banyak ahli untuk perluasan komputasi statistik (Amir & Tiro, 2022).

METHODS

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan analisis bibliometrik. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, analisis bibliometrik dalam penelitian ini digunakan untuk memberikan perspektif historis mengenai penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya serta mengevaluasi tren dalam lingkup STEM dan pembelajaran abad ke-21. Setelah mendapatkan hasil analisis, pembahasan penelitian akan diisi dengan ulasan terkait potensi kurikulum berbasis STEM dalam mewujudkan pembelajaran abad ke-21. Penelitian ini terdiri dari beberapa tahap yang dapat dilihat pada **Gambar 1**. Setelah menyatakan permasalahan dan kajian literatur, penelitian beralih ke tahap pengumpulan data.



Gambar 1. Desain penelitian analisis bibliometrik
Sumber: Dokumentasi Penulis 2024

Pengumpulan data perlu dilakukan terlebih dahulu untuk melakukan analisis bibliometrik (Chen *et al.*, 2023; Donthu *et al.*, 2021). Data yang dibutuhkan berupa data penelitian yang berjenis *research article*, *review article*, *book chapter*, dll. dalam ranah kurikulum berbasis STEM dan STEM dan pembelajaran abad ke-21. Data tersebut diperoleh dari *database* Scopus (Kusuma *et al.*, 2024). Detail pencarian yang digunakan dalam pengumpulan data pada *database* Scopus adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Query database Scopus

Rentang Waktu	Pencarian	Hasil	Unduh
2020 - 2025	TITLE-ABS-KEY (("STEM competency" AND "21st learning skills") OR (stem AND "21st learning skills") OR (stem AND curriculum AND student))	4855	26 Mei 2024

Sumber: Dokumentasi Penulis 2024

Rangkaian kata kunci yang digunakan dalam pencarian dapat dilihat pada **Tabel 1**. Periode pencarian ditetapkan dari tahun 2020 hingga 2025 dengan batasan bahasa yang digunakan dalam penelitian adalah bahasa Inggris. Hasil pencarian menunjukkan 4855 artikel ditemukan tanpa batasan jenis artikel, baik itu artikel jurnal, konferensi, buku, dll. Data tersebut diunduh pada tanggal 26 Mei 2024. Pembahasan tidak akan mencakup seluruh populasi, melainkan akan dipilih sampel dengan jumlah separuh dari populasi untuk memudahkan pemaparan hasil dan pembahasan. Bagian berikutnya akan membahas analisis bibliometrik dari data yang sudah dicari dengan jenis analisis informasi umum, produksi riset tahunan, sumber paling relevan, *local impact* sumber, *local impact* penulis, afiliasi paling relevan, negara korespondensi penulis, negara produksi artikel ilmiah, negara yang paling banyak disitasi, dokumen yang paling banyak disitasi, *tree map* dan *thematic map*.

RESULTS AND DISCUSSION

Informasi Data Scopus

Tabel 2 menunjukkan informasi utama dari *file* scopus yang dianalisis seperti: *document types*, *document content*, *authors*, *authors collaboration*.

Tabel 2. Informasi Utama Data Paper

Description	Results
Timespan	2020:2024
Sources (Journal, Books, etc.)	782
Documents	2204
Annual Growth Rate %	-70.44
Document Average Age	2.2
Average citations per doc	3.364
References	0

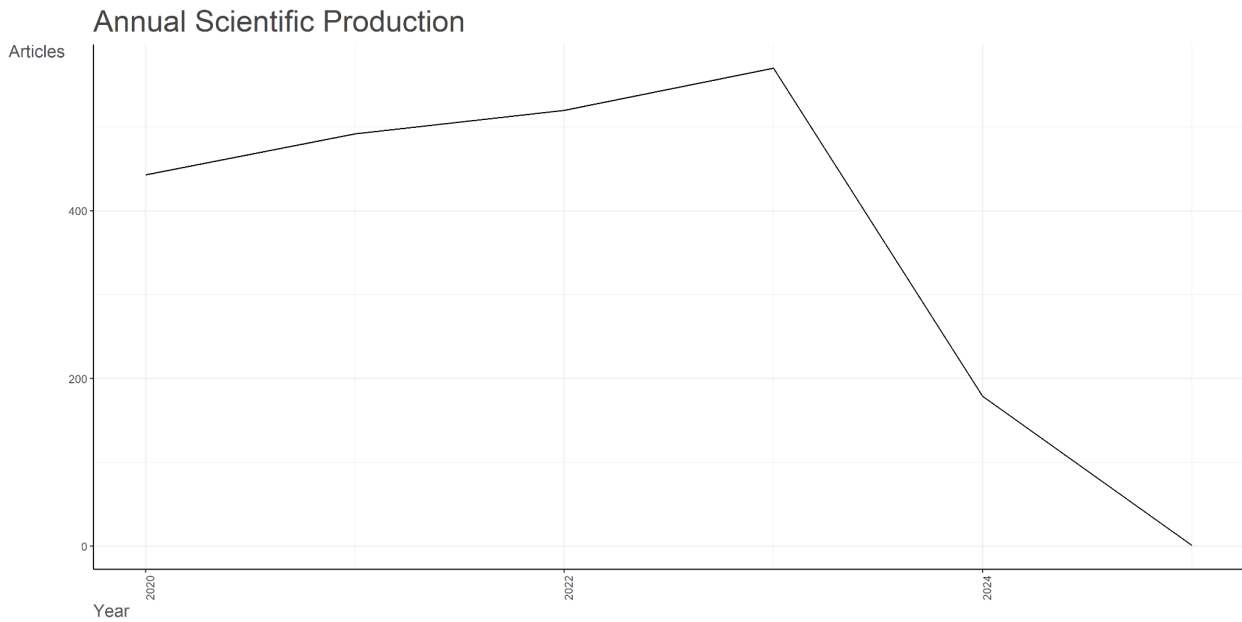
Description	Results
DOCUMENT TYPES	
Article	1056
Article; book chapter	1
Article; conference paper	3
Review	41
Editorial	2
Conference paper	844
Review article	2
DOCUMENT CONTENTS	
Keywords Plus (ID)	5981
Author's Keywords (DE)	4531
AUTHORS	
Authors	7013
Authors of single-authored docs	252
AUTHORS COLLABORATION	
Single-authored docs	278
Co-Authors per Doc	3.73
International co-authorships %	11.75

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio 2024

Penelitian ini mengambil *database paper* dalam rentang penelitian 2020 - 2024 yang terdiri dari 2204 dokumen dengan rata-rata 3.364 sitasi/dokumen. Hasil bibliometrik juga menunjukkan terdapat 1056 artikel dan 844 *paper* konferensi dari 2204 dokumen yang terdeteksi. Terdapat juga 5981 *keyword* dan 4531 *author keyword* yang dipakai pada penelitian terkait. Setidaknya juga terdapat 5981 *author* yang berkontribusi pada topik penelitian terkait dan diikuti oleh 4531 *single author*.

Annual Scientific Production

Gambar 2 menunjukkan pertumbuhan produksi tahunan (2020-2025) penelitian tentang implementasi kurikulum berbasis STEM. Penelitian secara masif mengalami peningkatan dari tahun ke tahun.



Gambar 2. Annual Scientific Production (2020 - 2025)
 Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio 2024

Tercatat bahwa terdapat 443 penelitian pada tahun 2020 dan mengalami peningkatan sebanyak 127 penelitian hingga tahun 2023 (570). Pada tahun 2024 penelitian mengenai kurikulum berbasis STEM juga masih terus eksis hingga kini sudah terkumpul sebanyak 179 penelitian dan 2025 yang mendatang sudah terkumpul juga sebanyak 1 penelitian.

Most Relevant Sources

Tabel 3 menunjukkan sepuluh besar *most relevant sources* 2020-2025 pada penelitian tentang implementasi kurikulum berbasis STEM.

Tabel 3. 10 Besar Most Relevant Sources 2020-2025

Rank	Sources	Articles
1	ASEE ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION, CONFERENCE PROCEEDINGS	301
2	JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION	70
3	PROCEEDINGS - FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, FIE	56
4	EDUCATION SCIENCES	54
5	JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES	49
6	FRONTIERS IN EDUCATION	41
7	ACM INTERNATIONAL CONFERENCE PROCEEDING SERIES	38
8	INTERNATIONAL JOURNAL OF STEM EDUCATION	30
9	LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE (INCLUDING SUBSERIES LECTURE NOTES IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND LECTURE NOTES IN BIOINFORMATICS)	24
10	SUSTAINABILITY (SWITZERLAND)	24

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio 2024

Pada peringkat pertama ASEE ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION, CONFERENCE PROCEEDINGS berhasil menerbitkan sebanyak 301 artikel, diikuti JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION pada peringkat dua dengan jumlah artikel 70, kemudian pada peringkat tiga PROCEEDINGS - FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE, FIE sebanyak 56 artikel, EDUCATION SCIENCES pada peringkat keempat dengan artikel terbit berjumlah 54, JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES pada peringkat kelima dengan 49 artikel, FRONTIERS IN EDUCATION pada peringkat keenam dengan 41 artikel, kemudian peringkat ketujuh ACM INTERNATIONAL CONFERENCE PROCEEDING SERIES dengan 38 artikel, pada peringkat ke delapan INTERNATIONAL JOURNAL OF STEM EDUCATION dengan 30 artikel, di peringkat sembilan LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE (INCLUDING SUBSERIES LECTURE NOTES IN ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND LECTURE NOTES IN BIOINFORMATICS) dengan 24 artikel dan pada peringkat sepuluh SUSTAINABILITY (SWITZERLAND) dengan 24 artikel.

Sources' Local Impact (H-Index)

Tabel 4 menunjukkan sepuluh besar penelitian yang memiliki nilai H-Index tertinggi pada penelitian yang berkaitan dengan penerapan STEM.

Tabel 4. 10 Besar Sources' Local Impact berdasarkan H-Index, TC (Total Citations), NP (Number of Publications), dan PY (Publication Year Start)

Rank	Sources	H-Index	TC	NP	PY Start
1	INTERNATIONAL JOURNAL OF STEM EDUCATION	12	529	30	2020
2	JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION	9	312	70	2020
3	EDUCATION SCIENCES	7	304	54	2020
4	INTERNATIONAL JOURNAL OF TECHNOLOGY AND DESIGN EDUCATION	7	197	22	2020
5	JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING	7	178	12	2020
6	SUSTAINABILITY (SWITZERLAND)	7	116	24	2020
7	FRONTIERS IN EDUCATION	6	97	41	2020
8	IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION	6	126	17	2020
9	ASEE ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION, CONFERENCE PROCEEDINGS	5	262	301	2020
10	CBE LIFE SCIENCES EDUCATION	5	52	11	2020

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio 2024

Pada tabel, H-Index tertinggi diraih oleh INTERNATIONAL JOURNAL OF STEM EDUCATION yang bernilai 12 dengan total sitasi (TP) berjumlah 569 dari 30 dokumen (NP). Kemudian diikuti JOURNAL OF CHEMICAL EDUCATION (H-Index 12, 312 sitasi, 70 dokumen), EDUCATION SCIENCES (H-Index 7, 304 sitasi, 54 dokumen), INTERNATIONAL JOURNAL OF TECHNOLOGY AND DESIGN EDUCATION (H-Index 7, 197 sitasi, 22 dokumen), JOURNAL OF RESEARCH IN SCIENCE TEACHING (H-Index 7, 178 sitasi, 12 dokumen), SUSTAINABILITY (SWITZERLAND) (H-Index 7, 116 sitasi, 24 dokumen),

FRONTIERS IN EDUCATION (H-Index 6, 97 sitasi, 41 dokumen), IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION (H-Index 6, 126 sitasi, 17 dokumen), ASEE ANNUAL CONFERENCE AND EXPOSITION, CONFERENCE PROCEEDINGS (H-Index 5, 262 sitasi, 301 dokumen), dan CBE LIFE SCIENCES EDUCATION (H-Index 5, 52 sitasi, 11 dokumen).

Authors' Local Impact (H-Index)

Tabel 5 menunjukkan dampak yang diberikan pengarang (*author*) terhadap penelitian terkait.

Tabel 5. 10 Besar Authors' Local Impact berdasarkan H-Index, TC (Total Citations), NP (Number of Publications), dan PY (Publication Year Start)

Rank	Authors'	H-Index	TC	NP	PY Start
1	BISWAS G	4	107	9	2020
2	CRAIG CA	4	21	4	2020
3	GILBERTZ S	4	21	5	2020
4	HORN M	4	67	5	2020
5	MOORE TJ	4	32	17	2020
6	PETRUN SAYERS EL	4	21	4	2020
7	VAN PETEGEM P	4	34	4	2020
8	WILENSKY U	4	68	6	2020
9	ZHANG H	4	135	5	2020
10	ANWAR S	3	24	7	2020

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio 2024

Dari tiga teratas, BISWAS G berada di peringkat pertama *authors' local impact* dengan H-Index 4 dan total sitasi yang berjumlah 107 dari 9 dokumen publikasi memiliki korelasi dengan penerapan kurikulum berbasis STEM. Selanjutnya CRAIG CA dengan H-Index 4, 21 sitasi, 4 dokumen publikasi, dan GILBERTZ S dengan H-Index 4, 21 sitasi, dan 5 dokumen publikasi.

Most Relevant Affiliations

Tabel 6 menunjukkan lembaga afiliasi dengan klasifikasi berdasarkan negara (*country*), jumlah artikel (*articles*), dan ranking universitas (dalam hal ini *Quacquarelli Symonds (QS) World Ranking 2024* digunakan).

Tabel 6. 10 Besar Most Relevant Affiliations

Rank	Affiliation	Country	Articles	QS 2024
1	PURDUE UNIVERSITY	USA	98	99
2	UNIVERSITY OF CALIFORNIA	USA	57	10
3	GEORGE MASON UNIVERSITY	USA	37	951-1000

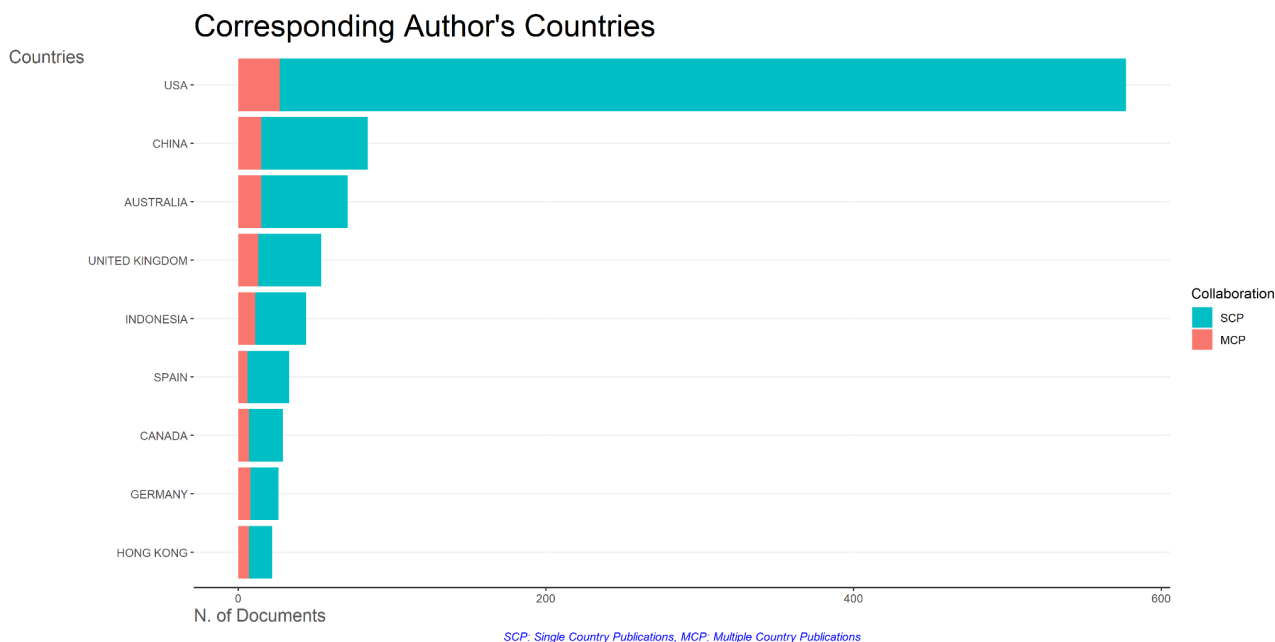
Rank	Affiliation	Country	Articles	QS 2024
4	NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY	USA	35	274
5	MICHIGAN STATE UNIVERSITY	USA	32	136
6	NATIONAL TAIWAN NORMAL UNIVERSITY	TAIWAN	28	431
7	VANDERBILT UNIVERSITY	USA	27	261
8	PACE UNIVERSITY	USA	26	-
9	FLORIDA INTERNATIONAL UNIVERSITY	USA	24	556
10	UNIVERSITY OF MICHIGAN	USA	24	33

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio 2024

Dari sepuluh besar lembaga afiliasi, sembilan diantaranya merupakan lembaga afiliasi yang berasal dari Amerika Serikat (USA) yakni PURDUE UNIVERSITY, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, GEORGE MASON UNIVERSITY, NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY, MICHIGAN STATE UNIVERSITY, VANDERBILT UNIVERSITY, PACE UNIVERSITY, FLORIDA INTERNATIONAL UNIVERSITY, dan UNIVERSITY OF MICHIGAN. “Monopoli” peringkat ini merupakan sebuah hal yang dapat dikatakan sudah semestinya demikian, karena STEM sendiri merupakan sebuah akronim yang diluncurkan di Amerika Serikat oleh U.S. National Science Foundation (NSF) (<https://www.britannica.com/topic/STEM-education>). Sementara itu NATIONAL TAIWAN NORMAL UNIVERSITY merupakan satu-satunya lembaga afiliasi selain Amerika yang berhasil menduduki peringkat sepuluh besar dengan jumlah artikel 28.

Corresponding Author's Countries

Gambar 3 dan Tabel 7 menunjukkan sepuluh besar negara asal *corresponding author* berdasarkan jumlah dokumen, kolaborasi antar intra-negara (SCP), dan antar negara (MCP). Penulis koresponden merupakan seseorang yang mengirimkan artikelnya kepada penerbit jurnal dan bertanggung jawab atas korespondensi dengan jurnal sebelum penerimaan dan publikasi (Mattsson et al., 2010).



Gambar 3. 10 Besar Corresponding Author's Countries
 Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio

Tabel 7. 10 besar Corresponding Author's Countries berdasarkan artikel, SCP, dan MCP

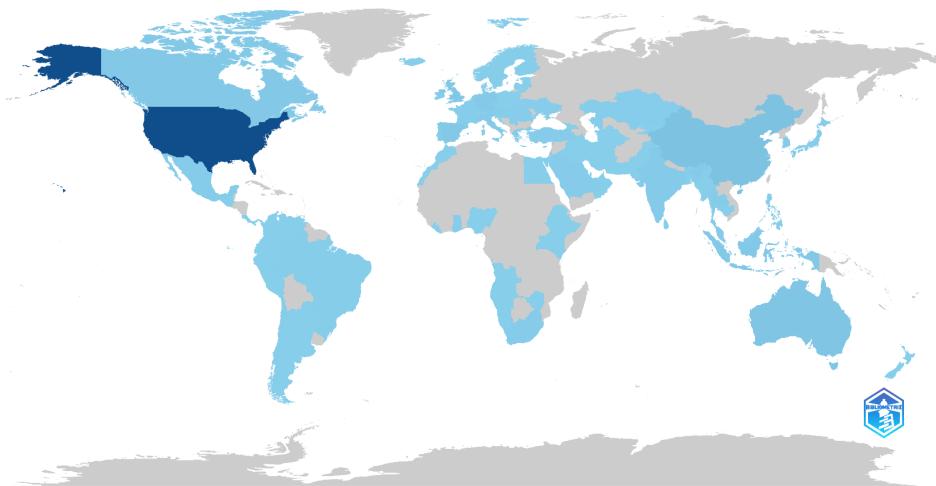
Rank	Country	Articles	SCP	MCP	Freq
1	Tidak Terdefinisi	897	839	58	407
2	USA	577	550	27	262
3	CHINA	84	69	15	38
4	AUSTRALIA	71	56	15	32
5	UNITED KINGDOM	54	41	13	24
6	INDONESIA	44	33	11	20
7	SPAIN	33	27	6	15
8	CANADA	29	22	7	13
9	GERMANY	26	18	8	12
10	HONG KONG	22	15	7	10

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio 2024

Terdapat perbedaan data yang berhasil ditampilkan antara **Gambar 3** dan **Tabel 7**. Pada **Tabel 7** peringkat pertama tidak terdefinisi dengan jelas negara mana asal *corresponding author* berasal, hanya jumlah artikel, SCP, MCP, dan freq yang berhasil didapat oleh bibliometrik. Sedangkan pada **Gambar 3** USA menempati peringkat teratas dari sembilan negara. Dengan mengesampingkan galat yang terjadi, Amerika Serikat yang menempati peringkat kedua (**Tabel 7**) berhasil memproduksi setidaknya 577 artikel terkait pada rentang periode 2020-2025 dengan nilai SCP 550 dan MCP 27, diikuti CHINA (84 artikel, 69 SCP, 15 MCP), AUSTRALIA (71 artikel, 56 SCP, 15 MCP), UNITED KINGDOM (54 artikel, 41 SCP, 13 MCP), INDONESIA (44 artikel, 33 SCP, 11 MCP), SPAIN (33 artikel, 27 SCP, 6 MCP), CANADA (29 artikel, 22 SCP, 7 MCP), GERMANY (26 artikel, 18 SCP, 8 MCP), dan HONG KONG (22 artikel, 15 SCP, 7 MCP).

Countries' Scientific Production

Gambar 4 menunjukkan peta sebaran *countries' scientific production* 2020-2025.



Gambar 4. Peta Sebaran Countries' Scientific Production
Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio 2024

Jumlah produksi artikel ilmiah ditentukan oleh kepekatan warna yang terlihat pada peta. Semakin pekat warnanya maka semakin tinggi jumlah artikel ilmiah yang diproduksi oleh negara tersebut. Pada peta terlihat bahwa USA memiliki warna yang paling pekat dibanding negara lainnya. Secara frekuensi, dapat dilihat melalui **Tabel 8** berikut.

Tabel 8. 10 Besar Countries' Scientific Production

Rank	Region	Freq
1	USA	2583
2	CHINA	231
3	AUSTRALIA	174
4	UK	140
5	INDONESIA	114
6	CANADA	102
7	SPAIN	96
8	GERMANY	83
9	GREECE	54
10	MALAYSIA	53

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio 2024

Berdasarkan informasi yang ditampilkan pada **Tabrli 8**, dengan frekuensi produksi artikel sebesar 2583, USA menempati peringkat pertama negara produksi artikel ilmiah yang berkaitan dengan penerapan kurikulum berbasis STEM. Selanjutnya diikuti oleh CHINA (231 freq) pada peringkat kedua, AUSTRALIA (174 freq) pada peringkat ketiga, UK (140 freq) pada peringkat keempat, INDONESIA (114 freq) pada peringkat kelima, CANADA (102) pada peringkat keenam, SPAIN (96) pada peringkat ketujuh, GERMANY (83) pada peringkat kedelapan, GREECE (54) pada peringkat kesembilan, dan MALAYSIA (53) pada peringkat kesepuluh.

Most Cited Countries

Tabel 9 menunjukkan negara yang memiliki jumlah sitasi terbanyak pada topik penelitian terkait.

Tabel 9. 10 Besar Most Cited Countries. Total Citations (TC) dan Average Article Citations (AAC)

Rank	Country	TC	AAC
1	USA	2885	5.00
2	CHINA	307	3.70
3	HONG KONG	246	11.20
4	AUSTRALIA	240	3.40
5	UNITED KINGDOM	237	4.40
6	SPAIN	210	6.40
7	TURKEY	205	12.10
8	BELGIUM	114	16.30
9	NETHERLANDS	111	11.10
10	GREECE	98	6.50

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio 2024

Tiga besar negara dengan sitasi terbanyak yakni USA dengan total sitasi (TC) berjumlah 2885 dan rata-rata sitasi artikel (AAC) bernilai 5.00, selanjutnya CHINA dengan total sitasi (TC) berjumlah 307 dan rata-rata sitasi artikel (AAC) bernilai 3.70, dan HONG KONG dengan total sitasi (TC) berjumlah 246 dan rata-rata sitasi artikel (AAC) bernilai 11.20.

Most Global Cited Documents

Tabel 10 menunjukkan dokumen dengan jumlah sitasi terbanyak (TC) dan rata-rata total sitasi per tahun (TCpY) pada penelitian terkait. Dari tiga terbesar MCGUNAGLE D dengan judul artikel “Employability skills for 21st-century STEM students: the employers' perspective” menempati peringkat pertama. Dengan bahasan mengenai identifikasi keterampilan kerja yang kurang dalam industri Sains, Teknologi, Teknik dan Matematika (STEM) dari perspektif pengusaha untuk membantu lembaga pendidikan STEM dalam menciptakan program yang lebih relevan termasuk keterampilan kerja (McGunagle & Zizka, 2020).

Tabel 10. 10 Besar Most Cited Documents. Total Citations (TC) dan Total Citations per Year (TCpY)

Rank	Paper	TC	TCpY
1	MCGUNAGLE D, 2020, HIGH EDUC SKILLS WORK BASED LEARNING	114	22.80
2	LEE I, 2021, SIGCSE - PROC ACM TECH SYMP COMPUT SCI EDUC	101	25.25
3	JESIONKOWSKA J, 2020, EDUC SCI	88	17.60
4	KELLEY TR, 2020, INT J STEM EDUC	88	17.60
5	CONDE M, 2021, COMPUT APPL ENG EDUC	76	19.00
6	HUTCHINS NM, 2020, J SCI EDUC TECHNOL	72	14.40
7	ROEHRIG GH, 2021, INT J STEM EDUC	62	15.50
8	PRINCE M, 2020, ADV ENG EDUC	62	12.40
9	JOVANOVIĆ J, 2021, COMPUT EDUC	56	14.00
10	SEAGE SJ, 2020, INT J RES EDU SCI	56	11.20

Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio

Pada posisi kedua LEE I dengan judul artikel “Developing Middle School Students' AI Literacy” yang membahas mengenai pembuatan lokakarya musim panas mengenai AI yang didesain untuk anak 10-14 tahun yang mana 87% peserta berasal dari kelompok yang kurang terwakili di STEM dan Komputasi. Pada posisi ketiga JESIONKOWSKA J dengan judul artikel “Active Learning Augmented Reality for STEAM Education—A Case Study” yang membahas mengenai penerapan metode pembelajaran aktif untuk pengajaran mata pelajaran STEAM, menggunakan format di mana peserta didik ditugaskan untuk membangun aplikasi AR sebagai bagian dari pembelajaran (Jesionkowska et al., 2020).

Keyword Plus TreeMap

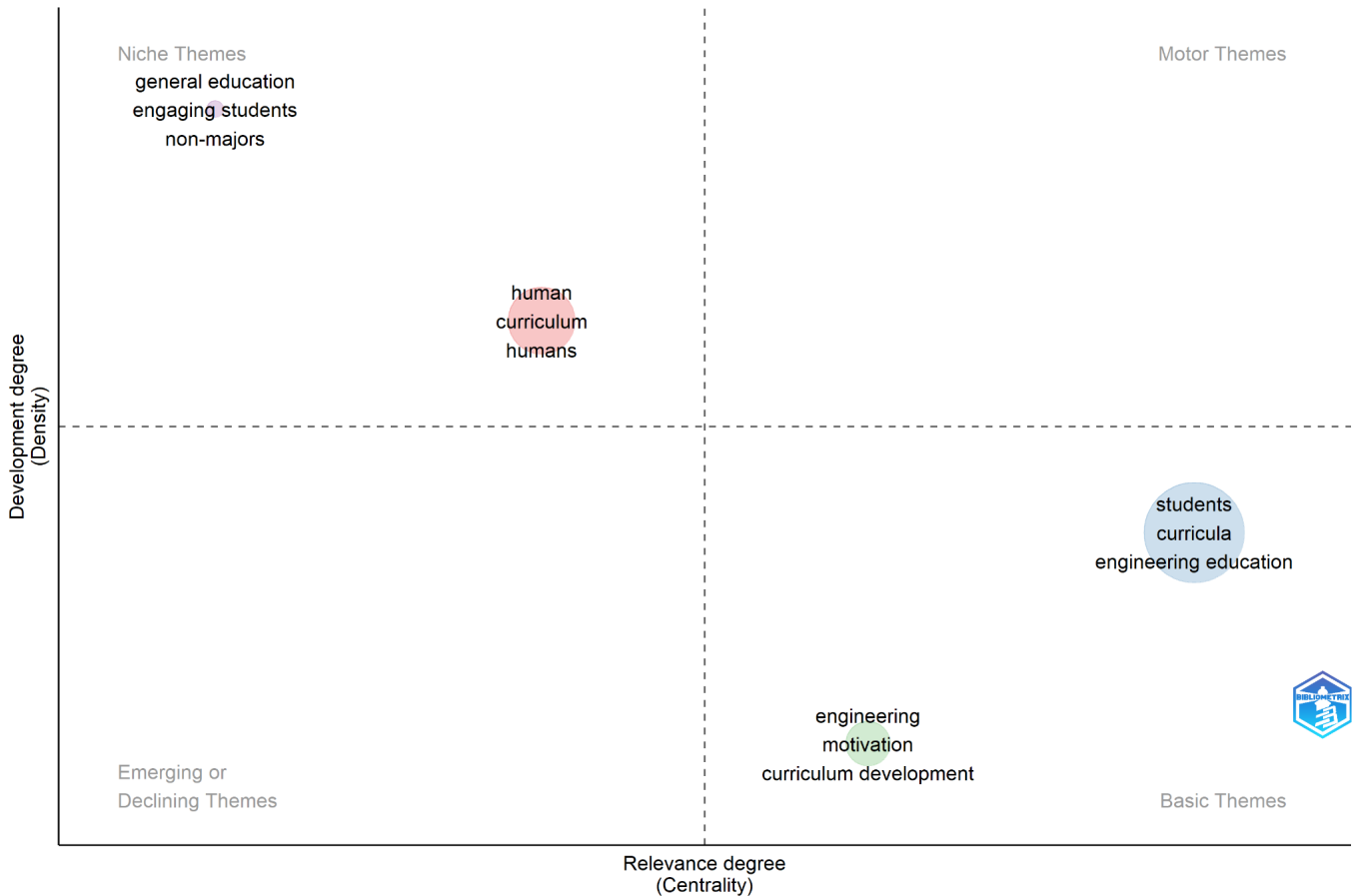
Terminologi yang berkaitan dengan penerapan topik kurikulum berbasis STEM dapat dilihat pada **Gambar 5** di bawah. kata kunci (*keyword*) mengenai student menempati peringkat pertama dengan 950 kali frekuensi kemunculan, diikuti curricula (freq 765), engineering education (freq 588), technology (freq 318), dan seterusnya sebagaimana dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Keyword Plus TreeMap
Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio

Thematic Map: Strategic Diagram

Gambar 6 menunjukkan diagram strategis peta tematik dari penelitian yang berkaitan dengan penerapan kurikulum berbasis STEM selama lima tahun terakhir (2020-2025). Pada peta tematik di bawah terdapat empat kuadran yang dibedakan menjadi dua kategori sentralitas (sumbu-y) dan kepadatan (sumbu-x). kuadran pertama (motor themes) mengacu pada tema-tema yang memiliki *impact* besar dan memiliki jumlah penelitian yang banyak, kuadran kedua (niche themes) mengacu pada tema-tema perifer dan marginal, kuadran ketiga (basic themes) mengacu pada tema-tema generik dan transversal, dan kuadran keempat (emerging or decline theme) mengacu pada tema-tema yang sedang berkembang (*emerging*) atau tema-tema yang sudah tidak populer (*declining*) (Peláez-Repiso et al., 2021).



Gambar 6. Diagram Strategi Peta Tematik
Sumber: Hasil Pengolahan Data Penulis menggunakan R Studio

Kuadran pertama tidak menunjukkan adanya tema yang sedang berkembang dan penting untuk dikaji, pada kuadran kedua setidaknya terdapat dua kluster dengan beberapa tema di dalamnya. Pada kluster pertama terdapat tema mengenai *human*, *curriculum*, dan *humans*. Sedangkan pada kluster kedua setidaknya terdapat tema mengenai *general education*, *engaging students*, dan *non-major*. Selanjutnya pada kuadran ketiga juga terdapat dua kluster yang mana pada kluster pertama terdiri dari tema-tema mengenai *students*, *curricula*, dan *engineering education*. Sedangkan pada kluster kedua terdapat tema-tema seperti *engineering*, *motivation*, dan *curriculum development*. Kuadran keempat tidak menunjukkan adanya tema-tema yang sedang berkembang atau sudah tidak populer sehingga penelitian mengenai STEM masih sangat populer dan besar potensinya untuk terus dikembangkan.

Discussion

Potensi Penelitian Pada Bidang Kurikulum Berbasis STEM

Dari hasil analisis bibliometrik yang telah dilakukan terhadap potensi penerapan kurikulum berbasis STEM dalam mewujudkan pembelajaran abad ke-21, didapat beberapa temuan penting yang bisa berguna bagi penelitian selanjutnya. STEM masih menjadi topik yang sangat populer di kalangan peneliti di seluruh dunia, dengan tren penelitian yang terus meningkat. Selama periode 2020 hingga 2023, jumlah penelitian dan publikasi mengenai STEM meningkat sebesar 28,7%. Pada tahun 2024 saja, terdapat 179 penelitian baru yang diterbitkan terkait topik ini, menunjukkan minat yang terus berkembang terhadap pendidikan

berbasis STEM. Selain itu, terdapat beberapa hal penting lainnya yang didapat dari hasil analisis bibliometrik yang diperoleh melalui penelitian ini.

Jurnal "INTERNATIONAL JOURNAL OF STEM EDUCATION" menempati posisi teratas sebagai jurnal dengan jumlah sitasi terbanyak dalam periode 2020-2025. Jurnal yang diterbitkan oleh Springer ini telah menjadi jurnal Q1 sejak tahun 2019 hingga 2023 (www.scimagojr.com), menunjukkan kualitas dan pengaruhnya dalam bidang penelitian STEM. Dengan total 529 sitasi, jurnal ini menjadi sumber utama bagi para peneliti yang mencari referensi terpercaya dalam studi STEM.

Selain jurnal, dibahas juga mengenai penulis yang berdampak. Penelitian ini menggambarkan bahwa BISWAS G menduduki peringkat pertama sebagai penulis dengan dampak penelitian terbaik dalam bidang STEM. Dalam periode 2020-2024, beliau telah berkontribusi sebanyak 9 artikel dengan total 107 sitasi. Prestasi ini mencerminkan dedikasi dan kontribusi signifikan dari BISWAS G dalam memajukan penelitian STEM.

Amerika Serikat memegang peranan penting dalam penelitian STEM, dengan sembilan universitas dan lembaga afiliasi yang memiliki jumlah publikasi ilmiah terbanyak dalam penelitian ini. Secara keseluruhan, tercatat 577 artikel ilmiah dan 2885 sitasi dari penelitian terkait STEM selama periode 2020-2025. Dominasi USA dalam jumlah publikasi dan sitasi menunjukkan bahwa negara ini merupakan pusat inovasi dan pengembangan dalam bidang pendidikan STEM.

Keyword Plus "student" merupakan kata kunci yang paling sering digunakan, menandakan bahwa penelitian STEM dalam periode 2020-2025 banyak berfokus pada dampak pembelajaran berbasis STEM terhadap peserta didik. Penelitian seperti yang dilakukan oleh MCGUNAGLE D dengan judul "Employability skills for 21st-century STEM students: the employers' perspective" dan LEE I dengan judul "Developing Middle School Students' AI Literacy" menunjukkan upaya untuk memahami dan meningkatkan keterampilan peserta didik dalam bidang STEM yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21.

Tema-tema yang berasal dari kata kunci di kuadran *basic themes* (Kuipers et al., 2022) memiliki peluang besar untuk dilakukan penelitian lebih lanjut. Kata kunci seperti *students*, *curricula*, *engineering education*, *engineering*, *motivation*, dan *curriculum development* memiliki sentralitas yang tinggi, menunjukkan bahwa tema-tema ini penting dalam bidang kajian kurikulum berbasis STEM. Meskipun memiliki sentralitas tinggi, tema-tema ini masih memiliki tingkat kepadatan (*density*) yang rendah, sehingga masih banyak peluang penelitian yang bisa dilakukan karena relatif sedikit artikel ilmiah yang menggunakan kata kunci terkait.

Penelitian ini memberikan gambaran komprehensif tentang tren dan arah penelitian berbasis STEM, yang dapat menjadi panduan bagi peneliti, pendidik, dan pembuat kebijakan dalam mengembangkan strategi dan kebijakan pendidikan yang lebih efektif dan relevan dengan kebutuhan masa depan.

Kurikulum Berbasis STEM untuk Mewujudkan Pembelajaran Abad ke-21

Kurikulum berbasis STEM memiliki potensi yang besar dalam mewujudkan capaian pembelajaran abad ke-21. Adanya proses integrasi keempat komponen STEM dalam pembelajaran akan memperkaya pengalaman belajar peserta didik. Namun, untuk dapat memaksimalkan proses integrasi ini dalam proses pembelajaran sehingga dapat mewujudkan pembelajaran abad ke-21 maka ada beberapa poin yang mesti diperhatikan (McGunagle, 2020).

Pertama, pemilihan model pembelajaran yang tepat sangat krusial. Model pembelajaran yang tidak sesuai dapat membuat proses pembelajaran menjadi tidak efektif dan kurang bermakna bagi peserta didik. Salah satu model pembelajaran yang direkomendasikan untuk integrasi STEM adalah *Project Based Learning* (PjBL). PjBL telah terbukti efektif dalam mengintegrasikan komponen STEM (Budiarti et al., 2022; Fatimah et al., 2023). Dalam model ini, peserta didik diberikan proyek-proyek nyata yang membutuhkan penerapan

berbagai konsep STEM. Misalnya, peserta didik dapat diberi proyek membangun jembatan (Ashley *et al.*, 2017) atau mengembangkan aplikasi (Jesionkowska *et al.*, 2020). Proyek-proyek ini tidak hanya mengajarkan konsep-konsep teknis, tetapi juga mengembangkan keterampilan praktis yang akan sangat berguna di masa depan.

Kedua, penting untuk memastikan bahwa proyek-proyek yang diberikan memiliki relevansi dengan permasalahan di dunia nyata (Smith *et al.*, 2022). Dalam kasus ini guru dapat juga memberikan proyek-proyek yang relevan dengan pekerjaan yang mengimplementasikan penerapan STEM dalam kesehariannya, seperti arsitek, programmer, insinyur, dll. Dengan demikian, peserta didik dapat melihat langsung bagaimana konsep-konsep STEM diterapkan dalam kehidupan sehari-hari dan dalam berbagai profesi.

Selanjutnya, proyek yang diberikan harus dirancang sedemikian rupa sehingga mampu meningkatkan berbagai keterampilan penting pada peserta didik, seperti berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, kreativitas, dan karakter. Keterampilan-keterampilan ini merupakan bagian dari capaian pembelajaran abad ke-21 yang esensial (Shadiev & Wang, 2022). Proyek-proyek yang menantang dan relevan dapat membantu peserta didik mengembangkan kemampuan ini, yang pada akhirnya akan mendukung mereka dalam menghadapi tantangan masa depan.

CONCLUSION

Perkembangan teknologi di bidang pendidikan membuat para pendidik perlu mengintegrasikan pembelajaran dengan teknologi untuk mendukung pembelajaran modern. Pendidikan modern memerlukan digitalisasi untuk meningkatkan akses informasi bagi peserta didik dan melibatkan berbagai pendekatan metodologis dan teoritis serta praktik pedagogi, seperti *open education*, *unplugged activity*, *smart learning*, dan STEM. Pendidikan STEM, khususnya, memiliki pengaruh positif terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, komunikasi, kreativitas, literasi digital, dan kolaborasi. Di samping itu terdapat kesenjangan antara lulusan pendidikan dan kebutuhan industri, di mana perlunya penelitian lebih lanjut tentang kurikulum berbasis STEM untuk memenuhi tuntutan pembelajaran abad ke-21. Analisis bibliometrik digunakan untuk mengevaluasi tren penelitian dan dampak publikasi terkait STEM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pendidikan STEM masih sangat populer dan penting untuk dikembangkan lebih lanjut, dengan penekanan pada dampak pembelajaran berbasis STEM terhadap peserta didik dan pentingnya mempersiapkan peserta didik dalam menghadapi tantangan masa depan di era digital dan globalisasi. Penelitian yang akan dilakukan selanjutnya diharapkan dapat mengeksplorasi potensi kurikulum berbasis STEM dalam mempersiapkan peserta didik menghadapi tuntutan abad ke-21.

AUTHOR'S NOTE

Penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan terkait publikasi artikel ini. Penulis menegaskan bahwa data dan isi artikel bebas dari plagiarisme.

REFERENCES

- Agbo, F. J., Okpanachi, L. O., Ocheja, P., Oyelere, S. S., & Sani, G. (2024). How can unplugged approach facilitate novice students' understanding of computational thinking? An exploratory study from a Nigerian University. *Thinking Skills and Creativity*, 51(1), 1-16.
- Alenezi, M., Wardat, S., & Akour, M. (2023). The need of integrating digital education in higher education: Challenges and opportunities. *Sustainability*, 15(6), 1-12.

- Amir, A. S., & Tiro, M. A. (2022). Development of R package for regression analysis with user friendly interface. *Arrus Journal of Mathematics and Applied Science*, 2(1), 23-35.
- Arisoy, B. (2022). Digitalization in education. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 17(5), 1799-1811.
- Ashley, M., Cooper, K. M., Cala, J. M., & Brownell, S. E. (2017). Building better bridges into STEM: A synthesis of 25 years of literature on STEM summer bridge programs. *CBE Life Sciences Education*, 16(4), 1-18.
- Broo, D. G., Kaynak, O., & Sait, S. M. (2022). Rethinking engineering education at the age of industry 5.0. *Journal of Industrial Information Integration*, 25(1), 1-15.
- Budiarti, R. S., Johari, A., Rusdi, M., & Anggereini, E. (2022). Study of STEM learning approach with PjBL model in honing creative thinking skills. *International Journal of Applied Science and Research*, 5(6), 136-143.
- Cico, O., Jaccheri, L., Nguyen-Duc, A., & Zhang, H. (2021). Exploring the intersection between software industry and Software Engineering education-A systematic mapping of software engineering trends. *Journal of Systems and Software/the Journal of Systems and Software*, 172(1), 1-28.
- Chen, C., Hardjo, S., Sonnert, G., Hui, J., & Sadler, P. M. (2023). The role of media in influencing students' STEM career interest. *International Journal of STEM Education*, 10(1), 56-68.
- Chen, H. E., Sun, D., Hsu, T., Yang, Y., & Sun, J. (2023). Visualising trends in computational thinking research from 2012 to 2021: A bibliometric analysis. *Thinking Skills and Creativity*, 47(1), 1-18.
- 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(1), 285-296.
- Fatimah, H., Yamtinah, S., & Bramastia, B. (2023). Study of ecology and biodiversity learning based on Project Based Learning-Science Technology Engineering Mathematics (PjBL-STEM) in empowering students' critical thinking. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(9), 729-736.
- González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of education 4.0 in 21st century skills frameworks: Systematic review. *Sustainability*, 14(3), 1-31.
- Habibi, F., Fitriana, A., & Sulityowati, E. (2022). Pemetaan bibliometrik terhadap perkembangan penelitian e-learning pada Google Scholar menggunakan VOSviewer. *Attractive: Innovative Education Journal*, 4(2), 383-395.
- Hacıoğlu, Y. (2021). The effect of STEM education on 21th century skills: Preservice science teachers' evaluations. *Journal of STEAM Education*, 4(2), 140-167.
- Hacıoğlu, Y., & Gülhan, F. (2021). The effects of STEM education on the students' critical thinking skills and STEM perceptions. *Journal of Education in Science Environment and health*, 7(2), 139-155.
- Huang, W., & Looi, C. (2020). A critical review of literature on "unplugged" pedagogies in K-12 computer science and computational thinking education. *Computer Science Education*, 31(1), 83-111.
- Huda, Y., Jaya, P., Tasrif, E., & Elmi, H. (2023). Smart learning model in technical and vocational education training with webcast technology. *Jurnal Pendidikan Vokasi*, 13(2), 143-154.
- Hulwani, A. Z., Pujiastuti, H., & Rafianti, I. (2021). Pengembangan media pembelajaran interaktif android matematika dengan pendekatan STEM pada materi trigonometri. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 5(3), 2255-2269.

- Ibarra-Vazquez, G., Ramírez-Montoya, M. S., Buenestado-Fernández, M., & Olague, G. (2023). Predicting open education competency level: A machine learning approach. *Heliyon*, 9(11), 1-15.
- Ichsan, I., Suharyat, Y., Santosa, T. A., & Satria, E. (2023). Effectiveness of STEM-Based learning in teaching 21 st century skills in generation Z student in science learning: A Meta-Analysis. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(1), 150-166.
- Jamali, S. M., Ebrahim, N. A., & Jamali, F. (2022). The role of STEM education in improving the quality of education: A bibliometric study. *International Journal of Technology and Design Education*, 33(3), 819-840.
- Jesionkowska, J., Wild, F., & Deval, Y. (2020). Active learning augmented reality for STEAM Education—a case study. *Education Sciences*, 10(8), 1-15.
- Johnston, S., Delaney, L., Gillan, P., Theobald, K., Ramsbotham, J., & Tutticci, N. (2024). Teaching nursing students to respond to patient deterioration using a deliberate practice mastery learning approach: A feasibility study. *Teaching and Learning in Nursing*, 19(1), 225-228.
- Katz, S., & Van Allen, J. (2022). Open with intention: Situating equity pedagogy within open education to advance social justice. *Journal for Multicultural Education*, 16(5), 421-429.
- Kusuma, H. S., Nida, R. A., Listiawati, V., Rahayu, D. E., Febryola, L. A., Darmokoesoemo, H., & Amenaghawon, A. N. (2024). Trends on adsorption of lead (Pb) using water hyacinth: Bibliometric evaluation of Scopus database. *Environmental Research*, 244(1), 1-18.
- Kuipers, S., Van Der Wilt, A., & Wolbers, J. (2022). Pandemic publishing: A bibliometric review of COVID-19 research in the crisis and disaster literature. *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy*, 13(4), 302-321.
- Lasheen, R., Khodeir, L., & Nessim, A. (2022). Identifying the gap between practical and educational fields in the Egyptian AEC industry in the age of digitalization. *Engineering Research Journal*, 176(1), 281-303.
- Leng, J., Sha, W., Wang, B., Zheng, P., Zhuang, C., Liu, Q., Wuest, T., Mourtzis, D., & Wang, L. (2022). Industry 5.0: Prospect and retrospect. *Journal of Manufacturing Systems*, 65(1), 279-295.
- Martynenko, O. O., Pashanova, O. V., Korzhuev, A. V., Prokopyev, A. I., Sokolova, N. L., & Sokolova, E. G. (2023). Exploring attitudes towards STEM education: A global analysis of university, middle school, and elementary school perspectives. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 19(3), 1-7.
- Mattsson, P., Sundberg, C. J., & Laget, P. (2010). Is correspondence reflected in the author position? A bibliometric study of the relation between corresponding author and byline position. *Scientometrics*, 87(1), 99-105.
- McGunagle, D., & Zizka, L. (2020). Employability skills for 21st-century STEM students: The employers' perspective. *Higher Education, Skills and Work-based Learning*, 10(3), 591-606.
- Muhali, M. (2019). Pembelajaran inovatif abad ke-21. *Jurnal Penelitian dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 3(2), 25-50.
- Palla, G., Tibély, G., Mones, E., Pollner, P., & Vicsek, T. (2015). Hierarchical networks of scientific journals. *Palgrave Communications*, 1(1), 1-9.
- Peláez-Repiso, A., Sánchez-Núñez, P., & Calvente, Y. G. (2021). Tax regulation on blockchain and cryptocurrency: The implications for open innovation. *Journal of Open Innovation*, 7(1), 98-118.

- Phuong, N. L., Hien, L. T. T., Linh, N. Q., Thao, T. T. P., Pham, H. T., Giang, N. T., & Thuy, V. T. (2023). Implementation of STEM education: A bibliometrics analysis from case study research in Scopus database. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 19(6), 1-14.
- Rojas-Sánchez, M. A., Palos-Sánchez, P. R., & Folgado-Fernández, J. A. (2022). Systematic literature review and bibliometric analysis on virtual reality and education. *Education and Information Technologies*, 28(1), 155-192.
- Rosmansyah, Y., Putro, B. L., Putri, A., Utomo, N. B., & Suhardi, N. (2022). A simple model of smart learning environment. *Interactive Learning Environments*, 31(9), 5831-5852.
- Saha, G. C., Akber, S. M., & Roy, A. (2023). Impact of Outcome-Based Education (OBE) on learners' performance in business courses. *International Journal of Professional Business Review*, 8(8), 1-19.
- Sahinoglu, S. (2022). Evaluation of education in the contemporary world from a perspective of holistic approach. *EcoSoEn*, 1(3-4), 92-104.
- Smith, K., Maynard, N., Berry, A., Stephenson, T., Spiteri, T., Corrigan, D., ... & Smith, T. (2022). Principles of problem-based learning (PBL) in STEM education: Using expert wisdom and research to frame educational practice. *Education Sciences*, 12(10), 728-740.
- Shadiev, R., & Wang, X. (2022). A review of research on technology-supported language learning and 21st century skills. *Frontiers in Psychology*, 13(1), 1-19.
- Syeed, M. M., Shihavuddin, A. S. M., Uddin, M. F., Hasan, M., & Khan, R. H. (2022). Outcome Based Education (OBE): Defining the process and practice for engineering education. *IEEE Access*, 10(1), 119170-119192.
- Thompson, K., Corrin, L., Hwang, G. J., & Lodge, J. M. (2021). Trends in education technology in higher education. *Australasian Journal of Educational Technology*, 37(3), 1-4.
- Thompson, D. F., & Walker, C. K. (2015). A descriptive and historical review of bibliometrics with applications to medical sciences. *Pharmacotherapy*, 35(6), 551-559.
- Winget, M., & Persky, A. M. (2022). A practical review of mastery learning. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 86(10), 1-9.
- Xu, W., & Ouyang, F. (2022). The application of AI technologies in STEM education: A systematic review from 2011 to 2021. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 1-20.