

Pendekatan, Impak dan Cabaran Pendidikan STEM dalam Masyarakat: Satu Kajian Literatur Sistematis (Approaches, Impacts and Challenges of STEM Education in Community: A Systematic Literature Review)

Muhamad Zulkarnai Hussin^{1*}, Nurazidawati Mohamad Arsad²

¹ Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Selangor, Malaysia

² Pusat Kajian Pembudayaan STEM, Universiti Kebangsaan Malaysia, Selangor, Malaysia

*Pengarang Koresponden: p144855@siswa.ukm.edu.my

Received: 25 January 2026 | Accepted: 1 March 2026 | Published: 1 April 2026

DOI: <https://doi.org/10.55057/ijares.2026.8.2.20>

Abstrak: Pendidikan STEM semakin mendapat perhatian berikutan keperluan masyarakat masa kini yang bergantung kepada teknologi, inovasi dan pemikiran saintifik. Namun, pelaksanaannya masih berdepan cabaran ketara melibatkan jurang sosioekonomi, ketidaksamaan gender dan pendekatan pedagogi yang kurang inklusif serta tidak kontekstual. Sehubungan itu, Tinjauan Literatur Sistematis ini dilaksanakan bagi meneroka pendekatan, impak dan cabaran utama pendidikan STEM dalam masyarakat. Menggunakan protokol PRISMA, sebanyak 64 artikel terbitan 2018 hingga 2025 dari pangkalan data dalam talian telah dipilih dan dianalisis secara sistematik. Dapatan menunjukkan bahawa pelbagai pendekatan seperti gamifikasi dan pembelajaran aktif, latihan mentor dan Kem STEM, pembelajaran berasaskan inkuiri dan pembelajaran berasaskan projek (PBL). Antara impak yang dikenal pasti seperti domain afektif dan psikososial, kognitif, pembangunan profesional dan sosial. Walau bagaimanapun, isu seperti kegagalan pelajar, kekurangan minat dan motivasi, ketaksamaan gender, penglibatan sosial, pemikiran saintifik dan literasi terhad terus menjadi cabaran utama kepada keberkesanan pendidikan STEM. Kajian ini juga membincangkan keperluan pendidikan STEM yang inklusif dan sensitif budaya termasuk penggunaan bahasa ibunda dan pendekatan responsif jantina bagi memastikan penyertaan setara dalam kalangan komuniti terpinggir. Hasil kajian ini menyediakan asas penting untuk pembangunan dasar, reka bentuk kurikulum berasaskan komuniti serta inovasi pedagogi yang lebih inklusif bagi memastikan pendidikan STEM dapat dilaksanakan secara mampan dan relevan dalam masyarakat pelbagai latar.

Kata Kunci: Pendidikan STEM, masyarakat, pendekatan pengajaran

Abstract: STEM education has gained increasing attention due to society's growing reliance on technology, innovation and scientific thinking. However, its implementation continues to face significant challenges including socioeconomic disparities, gender inequality and pedagogical approaches that are insufficiently inclusive and lacking contextual relevance. Accordingly, this Systematic Literature Review was conducted to examine the key approaches, impacts and challenges of STEM education within community contexts. Using the PRISMA protocol, 64 articles published between 2018 and 2025 from major online databases were systematically selected and analysed. The findings reveal that various approaches such as gamification and active learning, mentoring and STEM camps, inquiry-based learning and project-based learning (PBL) are employed in STEM education. The impacts identified

encompass affective and psychosocial outcomes, cognitive development, professional growth and social engagement. Nevertheless, issues such as student failure, low interest and motivation, gender inequality, limited social participation, weak scientific thinking and literacy remain major barriers to effective STEM implementation. The review also highlights the need for culturally responsive and inclusive STEM education including the use of mother tongue instruction and gender-responsive approaches to ensure equitable participation among marginalised communities. Overall, this SLR provides a critical foundation for the development of educational policies, community-based curriculum design, and inclusive pedagogical innovations to ensure that STEM education is implemented sustainably and meaningfully across diverse societal contexts.

Keywords: STEM education, community, teaching approaches

1. Pendahuluan

Pendidikan STEM (Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik) semakin mendapat perhatian sebagai pendekatan utama dalam membina masyarakat yang celik sains, berdaya cipta dan responsif terhadap cabaran abad ke-21. Keupayaan sesebuah masyarakat untuk memahami, menggunakan dan mencipta teknologi bergantung kepada tahap pendedahan dan penguasaan STEM dalam kalangan warganya (Barrett et al. 2023; Mutch-Jones et al. 2023). Bahkan dari sudut ekonomi juga berasaskan teknologi dan transformasi digital menuntut masyarakat yang mampu mengaplikasikan pengetahuan STEM dalam kehidupan seharian (Honey & McGee, 2022; Mishra et al. 2023). Oleh itu, usaha memperluaskan pendidikan STEM tidak seharusnya terbatas kepada bilik darjah semata-mata, malah perlu melibatkan penyertaan aktif masyarakat secara menyeluruh termasuk komuniti luar bandar, kumpulan minoriti dan populasi terpinggir (Geng et al. 2022; Mejias et al. 2022).

Seiring dengan keperluan tersebut, peluasan pendidikan STEM tidak seharusnya terhad kepada bilik darjah formal semata-mata, malah perlu melibatkan penyertaan aktif masyarakat secara menyeluruh. Kajian terdahulu menunjukkan bahawa pendidikan STEM yang dilaksanakan dalam konteks masyarakat seperti komuniti luar bandar, kumpulan minoriti dan populasi terpinggir mampu meningkatkan akses pendidikan, mengurangkan jurang penyertaan serta memperkukuh literasi saintifik dalam kalangan masyarakat (Geng et al. 2022; Mejias et al. 2022; Marginson et al. 2022). Pendekatan berasaskan masyarakat ini juga berupaya menghubungkan pembelajaran STEM dengan realiti kehidupan seharian, sekali gus menjadikan pembelajaran lebih bermakna dan kontekstual.

Pendidikan STEM dalam konteks masyarakat merangkumi pelbagai pendekatan termasuk pembelajaran tidak formal, sains warganegara (citizen science), pembelajaran berasaskan komuniti, serta latihan profesional untuk pendidik yang menyesuaikan pedagogi dengan realiti sosial dan budaya tempatan (Fonseca et al. 2022; Haden et al. 2021). Kajian oleh Olson et al. (2022) menunjukkan bahawa pelaksanaan projek penyelidikan STEM yang melibatkan komuniti tempatan bukan sahaja meningkatkan pemahaman pelajar terhadap konsep sains tetapi juga membina hubungan sosial yang lebih kukuh antara institusi pendidikan dan masyarakat. Selain itu, pendekatan pembelajaran yang responsif budaya masyarakat juga telah dikenal pasti sebagai faktor penting dalam meningkatkan penglibatan pelajar serta membina identiti saintifik yang inklusif, khususnya dalam kalangan komuniti yang kurang diwakili dalam bidang STEM (Calabrese Barton & Tan 2018; Castagno et al. 2023).

Namun begitu, pelaksanaan pendidikan STEM yang berkesan dalam masyarakat berdepan dengan pelbagai cabaran seperti kekangan sumber, kurang latihan khusus bagi guru, jurang digital, stereotaip gender dan ketidaksamarataan akses pendidikan (Ahmed et al. 2021; Kusmaryono et al. 2021). Cabaran-cabaran ini bukan sahaja menjejaskan keberkesanan pelaksanaan pendidikan STEM, malah berpotensi memperluaskan jurang sosial sekiranya tidak ditangani secara sistematik dan berasaskan bukti empirika.

Walaupun terdapat banyak kajian berkaitan pendidikan STEM, kebanyakan kajian terdahulu lebih tertumpu kepada konteks bilik darjah formal atau intervensi berskala kecil tanpa memberikan gambaran menyeluruh tentang pendekatan, impak dan cabaran pendidikan STEM dalam konteks masyarakat secara global.

Oleh itu, satu tinjauan sistematik terhadap kajian-kajian lepas diperlukan bagi mengenal pasti pendekatan terbaik untuk memahami persamaan pendekatan pelaksanaan, impak serta cabaran utama pendidikan STEM dalam kalangan masyarakat berdasarkan analisis terhadap 64 artikel terpilih dalam pelbagai konteks komuniti serta mengenal pasti keperluan untuk penyelidikan dan dasar masa hadapan. Sehubungan itu, kajian ini memberi tumpuan kepada tiga objektif utama iaitu:

1. Mengetahui pendekatan pelaksanaan pendidikan STEM dalam kalangan masyarakat.
2. Menganalisis impak pendidikan STEM merentas pelbagai domain.
3. Mengetahui cabaran utama yang mempengaruhi keberkesanan pelaksanaan pendidikan STEM dalam kalangan masyarakat.

Dapatan kajian ini diharapkan dapat menyediakan asas yang kukuh untuk pembangunan dasar pendidikan, reka bentuk kurikulum berasaskan komuniti serta inovasi pedagogi STEM yang lebih inklusif, kontekstual dan mampan.

2. Metodologi

Metodologi kajian literatur sistematik ini melibatkan langkah-langkah yang teratur untuk mencari, menilai dan menyampaikan maklumat dari pelbagai sumber literatur yang dipilih secara sistematik. Kajian melibatkan teknik untuk mengkategorikan, memilih, dan menganalisis secara kritis penyelidikan awal untuk menyelesaikan masalah tertentu (Shaffril et al. 2020). Kaedah pencarian maklumat dilakukan dengan mengakses pangkalan data utama dan tambahan sebagai langkah untuk mendapatkan bahan yang berkualiti dan bersesuaian dengan keperluan kajian. Pencarian secara komprehensif dilakukan melalui pangkalan data utama seperti Scopus dan Web of science. Bagi tujuan pencarian data, penulisan ini berdasarkan pada publication standard Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (Moher et al. 2009). Pengaplikasian kaedah ini membantu penulisan literatur dengan lebih jelas dan tepat (Randour et al. 2020). Terdapat empat peringkat dalam PRISMA, iaitu pengenalan (identification), penyaringan (screening), kelayakan (eligibility) dan termasuk (included).

2.1 Pengenal pastian

Dalam pengenalan pastian (identification iaitu memilih beberapa kata kerja yang sesuai untuk laporan ini, proses semakan sistematik terdiri daripada tiga fasa utama. Langkah pertama ialah pengekaman kata kunci dan pencarian pautan, istilah serupa berdasarkan tesaurus, kamus, ensiklopedia dan kajian terdahulu. Sehubungan itu, selepas semua kata kunci yang berkaitan diputuskan, carian pada pangkalan data *Scopus* dan *Scopus Web of Science (WOS)* merujuk

jadual 1 dibawah. Dalam langkah pertama proses semakan sistematik telah mendapatkan 434 artikel daripada kedua-dua pangkalan data.

Jadual 1: Kata Kunci Dan Pangkalan Data Dalam Pencarian Artikel

Kata Kunci	Pangkalan Data
("STEM education" AND ("community engagement" OR "public participation" OR "social development" OR "science literacy" OR "underserved communities" OR "informal learning" OR "citizen science"))	Scopus
"STEM education" AND ("community engagement" OR "science literacy" OR "public participation" OR "social development" OR "informal learning" OR "citizen science") AND ("society" OR "community" OR "marginalized" OR "rural")	Web of Science

2.2 Penyaringan

Di samping proses menetapkan set kriteria, model PRISMA juga digunakan untuk penyaringan (screening) menjadi garis panduan dalam pencarian literatur. Rajah 1 menunjukkan model PRISMA yang digunakan dalam menganalisis artikel yang akan dipilih. Dalam kajian ini, Bahasa Melayu dan Bahasa Inggeris dipilih sebagai bahasa pengantar bagi artikel literatur. Hasil carian mendapati sebanyak 172 bahan rujukan yang diterima dengan kesesuaian untuk dianalisis dalam kajian literatur sistematik. Pada peringkat ini, 260 artikel telah dikeluarkan daripada senarai kerana faktor bukan artikel, selain Bahasa Melayu dan Bahasa Inggeris dan selain penerbitan tahun 2018-2025 dan 2 artikel kajian yang bertindih.

2.3 Kelayakan pemilihan artikel

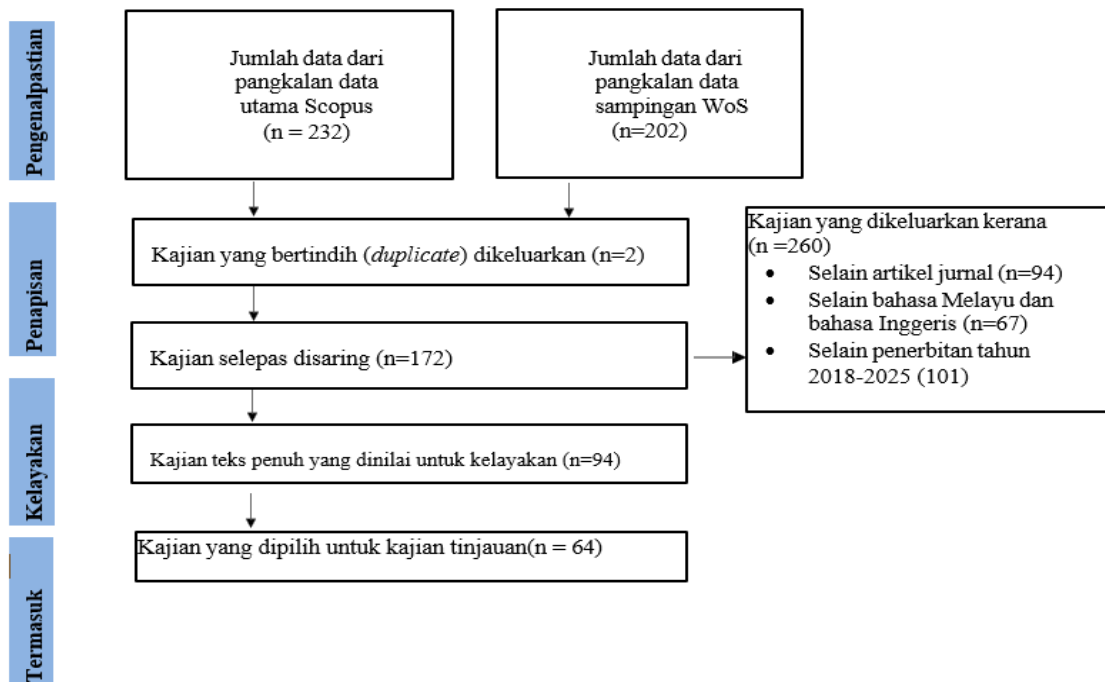
Fasa ketiga ialah kelayakan (eligibility) yang melibatkan pemilihan secara manual dengan memastikan bahawa artikel memenuhi kriteria kemasukan dan sesuai digunakan dalam kajian semasa bagi memenuhi objektif kajian merujuk jadual 2 di bawah. Proses ini dimulakan dengan membaca tajuk, abstrak artikel dan keseluruhan artikel sekiranya tidak ada pemahaman yang jelas mengenai kerelevanan artikel yang dipilih. Seterusnya, artikel yang tidak mematuhi kriteria dan tema akan dihapuskan. Sebanyak 94 artikel perlu dinilai tahap kelayakan mengikut kriteria kajian pada peringkat ini. Hasilnya, terdapat sebanyak 30 artikel yang tidak memenuhi kriteria kajian, iaitu tidak berkaitan dengan Pendidikan STEM Dalam Masyarakat.

Jadual 2: Kriteria Penerimaan Dan Penolakan Artikel

Kriteria	Penerimaan	Penolakan
Tahun terbitan	2018- 2025	< 2018
Jenis bahan rujukan	Journal	Journal (bab buku, persidangan prosiding)
Jenis dokumen	Artikel Jurnal	Tesis, Proceeding, persidangan dan buku
Bahasa	Bahasa Melayu dan Bahasa Inggeris	Bahasa lain-lain

2.4 Pengumpulan data dan analisis data (termasuk)

Bagi mengelakkan ralat yang berlaku, pengkaji memastikan pengumpulan data dan analisis data (included) artikel yang dipilih adalah memenuhi syarat-syarat dan kriteria-kriteria seperti yang dijelaskan di atas. Oleh itu, pengekstrakan data dijalankan untuk memudahkan perbandingan bahan literatur yang memenuhi kriteria yang ditetapkan. Data-data artikel yang telah disaring mengikut kategori yang telah disusun melalui proses pengekstrakan data. Pada peringkat ini, pengkaji dapat mengenal pasti jumlah akhir artikel yang digunakan sebagai sampel kajian literatur sistematik dalam fasa terakhir ini. Secara keseluruhannya, sebanyak 64 artikel telah dipilih pada peringkat ini dan digunakan untuk mengenal pasti kajian lepas Pendidikan STEM Dalam Kalangan Masyarakat merujuk rajah 1 di bawah.



Rajah 1: Carta Aliran PRISMA Proses Pemilihan Artikel: Moher et al. (2009)

3. Dapatan Kajian

Kajian tinjauan literatur sistematik yang melibatkan 64 artikel berkaitan pendidikan STEM dalam kalangan masyarakat (merujuk senarai rujukan bertanda*) telah dibahagikan kepada 3 komponen utama bagi menjawab persoalan kajian iaitu pendekatan atau strategi pelaksanaan, impak pendidikan STEM terhadap masyarakat dan cabaran utama pelaksanaan pendidikan STEM dalam kalangan masyarakat dan bagaimana ianya boleh diatasi.

3.1 Pendekatan pelaksanaan pendidikan STEM dalam masyarakat

Kajian sistematik terhadap 64 artikel menunjukkan bahawa pendekatan pelaksanaan pendidikan STEM dalam masyarakat memperlihatkan kepelbagaian strategi pedagogi yang responsif, inovatif dan kontekstual. Pendekatan-pendekatan ini bukan hanya bergantung kepada kandungan STEM semata-mata tetapi juga kepada reka bentuk pengalaman pembelajaran, latar belakang responden dan matlamat sosial pendidikan itu sendiri merujuk jadual 3 di bawah. Antara pendekatan yang dominan dan berimpak tinggi termasuk:

Jadual 3: Peratusan artikel mengikut pendekatan Pendidikan STEM Dalam Masyarakat

Peratusan	Jenis Pendekatan/ Strategi Pelaksanaan	Contoh Sumber Rujukan
75%	Gamifikasi dan Pembelajaran Aktif	Duran et al. (2025); Ješková et al. (2022); Maiorca et al. (2023); Torres-Peña et al. (2024)
10.9%	Mentor/Kem	Martín-Peciña et al. (2025); Rhodes et al. (2024); Simpson et al. (2025); Juškevičienė et al. (2024)
6.2%	Pembelajaran Berasaskan Inkuiri	Morris (2025); Anggoro et al. (2021); Leung (2023); Ješková et al. (2022)
4.7%	Pembelajaran Berasaskan Projek	Domenici (2022); Duran et al. (2024); Leung (2025); Calabrese Barton & Tan (2018)

(a) Gamifikasi dan pembelajaran aktif (Gamified Active Learning)

Gamifikasi dan pendekatan pembelajaran aktif merupakan strategi pedagogi yang semakin meningkat dalam pendidikan STEM terutamanya dalam memastikan penglibatan pelajar yang tinggi, motivasi berterusan dan pembinaan kemahiran abad ke-21. Dalam kajian oleh Duran et al. (2024), pendekatan “gamified active learning” diaplikasikan dalam subjek kejuruteraan elektrik di peringkat universiti yang menggabungkan elemen permainan, projek kumpulan dan penilaian reflektif mampu membentuk persekitaran pembelajaran yang kolaboratif dan menyeronokkan. Kajian ini mendapati peningkatan signifikan dalam motivasi pelajar, penglibatan aktif serta pembangunan hubungan sosial yang menjadi penanda aras keberkesanan strategi ini dalam konteks pendidikan tinggi.

Menambah kekuatan kepada dapatan ini, kajian oleh Ješková et al. (2022) turut melaksanakan strategi pembelajaran aktif berasaskan fokus kepada penglibatan pelajar dalam aktiviti eksperimen dan pemikiran saintifik. Kajian ini menekankan bagaimana penglibatan langsung dalam proses pembelajaran aktif membolehkan pelajar mengembangkan kemahiran penyelidikan, inkuiri dan pemahaman konseptual yang lebih mendalam hasil yang kritikal untuk kecemerlangan dalam bidang STEM.

Jesteru, pendekatan inovatif seperti penggunaan elemen permainan (gamifikasi), kecerdasan buatan (AI generatif) dan pembelajaran aktif seperti Model-Eliciting Activities (MEA) turut menyumbang kepada pembangunan pemikiran kritikal dan refleksi saintifik pelajar (Duran et al. (2024); Nyaaba et al. (2024); Torres-Peña et al. (2024); Maiorca, 2023). Hal ini bukan sahaja mendorong pelajar menyelesaikan masalah sebenar secara kolaboratif tetapi turut merangsang penglibatan aktif masyarakat dalam pendidikan menjadikan pembelajaran STEM lebih kontekstual dan bermakna (Martín-Peciña et al. (2025); Morris, 2025; Duran et al. (2024); Ješková et al. (2022); Domenici, 2022; Beniermann et al. 2021).

(b) Latihan mentor dan kem STEM (Mentorship & STEM Camps)

Intervensi melalui pementoran dan kem STEM merupakan antara strategi berimpak tinggi dalam membina identiti sains dan meningkatkan minat terhadap STEM dalam kalangan kumpulan sasar. Kajian oleh Martín-Peciña et al. (2025) menunjukkan keberkesanan gabungan kem STEM musim panas dan latihan mentor wanita dalam membina sikap positif serta identiti saintifik dalam kalangan pelajar perempuan berumur 12–16 tahun yang merangkumi aktiviti hands-on, eksperimen sains dan perbincangan identiti sains menjadikan pendekatan ini sebagai model intervensi jangka pendek yang efektif dan inklusif.

Menambah kekuatan dapatan ini, kajian oleh Rhodes et al. (2024) menampilkan pendekatan latihan guru berstruktur menerusi model 4C/ID (Four-Component Instructional Design) dalam bengkel profesional STEM. Pendekatan ini memfokuskan kepada pembangunan kemahiran pedagogi guru secara praktikal dan kontekstual dengan hasil yang menunjukkan peningkatan dalam kompetensi pengajaran STEM yang bersepadu dan berorientasikan masalah. Kajian oleh Simpson et al. (2025) juga memfokuskan kepada pembangunan profesional guru tidak formal dalam tempoh empat tahun menggunakan Problem-Solving Cycle berasaskan video reflektif. Guru mengenal pasti dan menangani kegagalan pelajar. Kajian ini melaporkan peningkatan keupayaan guru dalam aspek pedagogi responsif dan refleksi sendiri menjadikannya contoh terbaik bagaimana latihan guru boleh membentuk ekosistem pendidikan STEM yang mampan.

Sementara itu, Renn et al. (2024) menekankan kepentingan modul latihan yang menyepadukan pendekatan linguistik dalam pendidikan STEM terutama dalam kalangan guru bahasa yang menyokong pelaksanaan STEM rentas kurikulum. Kajian ini memperlihatkan peningkatan

dalam kemahiran bahasa dan kefahaman isi kandungan STEM melalui latihan interdisiplin. Selain itu, kajian oleh Juškevičienė et al. (2024) turut memberikan sumbangan penting dengan meneliti motivasi guru STEM dan penglibatan mereka dalam pembangunan profesional melalui temubual mendalam. Dapatan menunjukkan bahawa latihan yang bermakna dan kontekstual meningkatkan rasa pemilikan dan komitmen guru terhadap pembelajaran STEM. Akhir sekali, kajian oleh Jang et al. (2024) memberikan gambaran terhadap impak latihan literasi sains dalam pembelajaran murid dengan penekanan kepada hubungan antara latihan, kemahiran membaca saintifik dan pencapaian akademik.

(c) Pembelajaran berasaskan inkuiri (Inquiry-Based Learning / IBL)

Strategi ini terbukti berkesan dalam memupuk kemahiran saintifik pelajar melalui penyiasatan sendiri, pembinaan hipotesis dan pemerhatian berdasarkan fenomena sebenar. Kajian oleh Morris (2025) memperkenalkan pendekatan menyeluruh menerusi CIBSE Framework yang menekankan peranan fasa inkuiri seimbang dan pengajaran responsif. Kajian ini menyasarkan guru dan pelajar K–12 dan menekankan penglibatan guru sebagai fasilitator dalam pembelajaran kontekstual. Ia menyumbang kepada peningkatan dalam pemikiran saintifik dan literasi sains pelajar menjadikan IBL sebagai tunjang pedagogi STEM yang efektif.

Selain itu, Anggoro et al. (2021) menonjolkan penerapan pendekatan Pembelajaran Berasaskan Inkuiri (IBL) dalam konteks pendidikan prasekolah, yang menekankan eksplorasi, penemuan dan penyelesaian masalah sebagai asas kepada pembangunan kemahiran saintifik awal. Leung (2023) turut mengadaptasi pendekatan IBL dalam konteks prasekolah, dengan melibatkan 24 guru awal kanak-kanak. Strategi ini berasaskan eksplorasi bermain dan aktiviti projek yang menekankan pembelajaran menerusi penemuan serta latihan guru dalam merancang aktiviti STEM berasaskan persoalan.

Selanjutnya, Ješková et al. (2022) menggunakan rangka kerja inkuiri dalam strategi pembelajaran aktif untuk pelajar peringkat tinggi. Kajian ini menekankan pentingnya penglibatan pelajar secara aktif dalam reka bentuk eksperimen dan penyelesaian masalah saintifik serta impaknya terhadap motivasi pelajar, pemikiran reflektif dan hasil pembelajaran yang lebih mendalam. Perkara ini menunjukkan dari peringkat prasekolah hingga ke universiti bahawa pembelajaran berasaskan inkuiri merupakan pendekatan pedagogi yang bersifat fleksibel melintas peringkat umur dan adaptif serta mampu meningkatkan literasi saintifik, daya fikir kritis, dan minat terhadap STEM dalam kalangan pelbagai lapisan masyarakat (Ješková et al. 2022)

(d) Pembelajaran berasaskan projek (Project-Based Learning, PBL)

Strategi ini melibatkan pelajar dalam aktiviti penyelesaian masalah dunia sebenar secara berkumpulan dan berasaskan projek. Domenici (2022) menunjukkan bagaimana pelatih guru kimia yang terlibat dalam PBL di muzium sains berjaya meningkatkan kreativiti dan kemahiran pedagogi mereka. Duran et al. (2024) pula menonjolkan keberkesanan Model-Eliciting Activities (MEA) dalam mendorong pelajar mereka bentuk model penyelesaian kepada masalah terbuka. MEA, sebagai variasi kepada PBL berjaya membina keupayaan pelajar untuk berfikir secara sistematik dan berkomunikasi secara saintifik dalam pasukan selain meningkatkan pemahaman konseptual terhadap kandungan STEM.

Tambahan pula, kajian oleh Leung (2025) mendedahkan potensi besar pendekatan PBL dalam pendidikan awal dengan melaksanakan aktiviti berasaskan projek yang menggabungkan elemen eksplorasi, inkuiri, dan bermain. Duran et al. (2025) juga mengadaptasi PBL dalam bentuk sains penyertaan dan penglibatan komuniti untuk menyemai nilai keadilan sosial dalam

pendidikan STEM yang menunjukkan bagaimana pelajar terlibat secara langsung dalam menyelesaikan masalah sebenar berkaitan komuniti mereka, sekali gus meningkatkan kesedaran sosial, penglibatan awam dan rasa tanggungjawab sivik terhadap isu STEM yang bersifat lokal dan global.

3.2 Impak pendidikan STEM dalam kalangan masyarakat

Impak pendidikan STEM dalam komuniti dapat dikategorikan kepada lima domain utama iaitu afektif/psikososial, kognitif, profesional, sosial dan lain-lain (merujuk JADUAL 4). Pengkategorian ini dibuat berdasarkan hasil akhir yang dilaporkan dalam setiap kajian berkaitan intervensi, pelaksanaan atau aktiviti STEM dalam pelbagai konteks masyarakat merujuk 64 artikel yang dipilih:

Jadual 4: Peratusan Impak Pendidikan STEM dalam Masyarakat mengikut Domain

Peratusan	Jenis Domain	Contoh Sumber Rujukan
24.3%	Afektif dan psikososial	May et al. (2025); Martín-Peciña et al. (2025); Duran et al. (2024); Banwo et al. (2024)
15.7%	Kognitif	Morris (2025); Ješková et al. (2022); Kim & Kim (2024); Torres-Peña et al. (2024)
15.7%	Pembangunan profesional	Simpson et al. (2025); Juškevičienė et al. (2024); Rhodes et al. (2024); Bicaaj et al. (2024)
8.6%	Sosial	Duran et al. (2024); Castagno et al. (2023); Calabrese Barton & Tan (2018)
35.7%	Lain-Lain (keberkesanan intervensi pendidikan, kesesuaian konteks pelaksanaan, tahap penglibatan komuniti, adaptasi pedagogi)	Rodegher et al. (2024); Kilty et al. (2021); Chen et al. (2023)

(a) Impak pendidikan STEM dalam masyarakat terhadap domain afektif dan psikososial

Sebanyak 17 kajian dalam analisis ini menekankan kepada impak pendidikan STEM dalam membentuk sikap, minat, efikasi diri, motivasi dan identiti sains dalam kalangan pelajar dan pendidik. Komponen afektif ini merupakan asas penting dalam penyertaan jangka panjang dalam bidang STEM terutamanya dalam kalangan kumpulan yang kurang diwakili.

Kajian oleh May et al. (2025) dan Martín-Peciña et al. (2025) membuktikan peningkatan signifikan dalam minat, efikasi diri, identiti STEM dan motivasi pelajar. Pelajar yang terlibat secara aktif dalam pembelajaran hands-on dan projek kolaboratif lebih cenderung untuk mengenal pasti diri mereka sebagai "individual STEM". Sebagai contoh, Martín-Peciña et al. (2025) melaporkan kesan positif terhadap sikap minat STEM dan pembinaan identiti saintifik dalam kalangan pelajar perempuan selepas menyertai program mentor wanita dan kem musim panas STEM meningkat.

Kajian oleh Duran et al. (2024) pula menekankan bahawa strategi gamifikasi dan pembelajaran aktif meningkatkan motivasi pelajar dan penglibatan emosi, serta menggalakkan pembelajaran secara psikososial dan kolaboratif yang merupakan satu dimensi psikososial yang penting dalam pendidikan moden. Seterusnya, kajian oleh Banwo et al. (2024) memfokuskan kepada pelajar minoriti dalam sains komputer dengan mendapati bahawa program jambatan STEM mampu memperkukuh identiti diri pelajar terhadap sains dengan mengurangkan jurang keyakinan diri dan memperkukuh keterikatan dengan bidang tersebut. Ini sangat signifikan dalam konteks pembangunan modal insan yang inklusif dan pelbagai latar.

Sementara itu, Edwards et al. (2024) menunjukkan bahawa aktiviti berasaskan kumpulan dan permainan dalam pembelajaran STEM secara langsung meningkatkan motivasi dan

penglibatan pelajar membuktikan bahawa elemen psikologi seperti keseronokan, cabaran dan kejayaan dalam tugas memainkan peranan besar dalam menarik pelajar kepada STEM. Disamping itu, kajian oleh Juškevičienė et al. (2024) melaporkan bahawa motivasi guru STEM sendiri juga menjadi indikator penting. Apabila guru mempunyai minat dan rasa terlibat secara profesional mereka lebih cenderung menyampaikan pembelajaran dengan semangat dan kefahaman yang mendalam secara tidak langsung mempengaruhi sikap pelajar terhadap subjek STEM. Hal ini mengesahkan, komponen afektif dan psikososial adalah asas kepada kejayaan pendidikan STEM dalam masyarakat. Minat, motivasi, identiti dan efikasi diri bukan sekadar hasil sampingan tetapi, penentu utama terhadap kesediaan pelajar untuk terus terlibat, meneroka dan berkembang dalam bidang STEM secara berpanjangan.

(b) Impak pendidikan STEM dalam masyarakat terhadap domain kognitif

Sebanyak 11 kajian yang dianalisis menunjukkan bahawa intervensi pendidikan STEM memberi kesan langsung terhadap domain kognitif terutamanya dalam meningkatkan literasi sains, pemikiran saintifik serta pemahaman konsep STEM yang kompleks. Dapatan ini membuktikan bahawa pelaksanaan STEM yang efektif bukan sahaja menyampaikan isi kandungan malah mendorong perkembangan kemahiran berfikir aras tinggi yang kritikal untuk abad ke-21.

Kajian oleh Morris (2025) menjadi contoh utama di mana pendekatan berasaskan CIBSE Framework dan pembelajaran inkuiri menyeluruh telah meningkatkan literasi sains dan pemikiran saintifik dalam kalangan pelajar dan guru. Ini menunjukkan bahawa pendekatan pembelajaran yang bersifat terbuka dan reflektif memberi ruang kognitif pelajar membina kefahaman mendalam melalui penyiasatan sendiri. Selanjutnya, kajian oleh Ješková et al. (2022) juga menyokong dapatan ini, dengan menunjukkan bahawa strategi pembelajaran aktif yang berasaskan inkuiri meningkatkan pemikiran saintifik dan keupayaan kognitif pelajar menyelesaikan masalah saintifik melalui kaedah eksperimen dan refleksi.

Tambahan pula, kajian oleh Kim & Kim (2024) memanfaatkan gabungan pembelajaran berasaskan penulisan dan eksperimen langsung yang memberi impak besar terhadap kognitif pemahaman konsep saintifik dan literasi pelajar. Kaedah ini terbukti berkesan dalam membantu pelajar menghubungkan teori dengan amalan sebenar melalui naratif dan refleksi saintifik. Dalam konteks teknologi, kajian oleh Torres-Peña et al. (2024) menggunakan AI seperti ChatGPT dan MathGPT dalam pengajaran kalkulus yang didapati meningkatkan pemahaman kognitif pelajar terhadap konsep derivatif dan kadar perubahan. Hal ini menunjukkan bahawa integrasi teknologi pintar dalam STEM bukan sahaja memudahkan pembelajaran, tetapi juga menyokong pembinaan konsep yang kompleks.

Akhir sekali, Xiang et al. (2024) membangunkan instrumen pengukuran pengetahuan sistem kompleks dan mendapati bahawa pelajar yang terdedah kepada pembelajaran berasaskan sistem menunjukkan peningkatan signifikan kognitif dalam pengetahuan saintifik dan keupayaan menghubungkan kait elemen dalam persekitaran dinamik.

(c) Impak pendidikan STEM dalam masyarakat terhadap domain pembangunan profesional

Sebanyak 11 kajian dalam dapatan ini memfokuskan kepada impak pendidikan STEM terhadap pembangunan profesional pendidik dan fasilitator termasuk peningkatan kompetensi pedagogi, keupayaan reflektif, motivasi guru, serta penguasaan kandungan dan kemahiran fasilitasi STEM. Pendidikan guru yang efektif bukan sahaja menjamin penyampaian STEM yang bermakna, tetapi juga melahirkan fasilitator yang cekap dan adaptif terhadap perubahan.

Kajian oleh Simpson et al. (2025) menunjukkan bahawa pembangunan profesional guru melalui latihan reflektif bukan sahaja membina kapasiti pedagogi tetapi juga membantu guru menjadi lebih responsif dan adaptif terhadap keperluan pelajar. Guru dilatih mengenal pasti kegagalan pelajar dan membina intervensi responsif secara reflektif. Dapatan menunjukkan peningkatan dalam keupayaan pedagogi, kefahaman konteks pembelajaran dan kesediaan menangani cabaran sebenar di lapangan. Dalam dimensi motivasi, kajian oleh Juškevičienė et al. (2024) meneliti penglibatan guru STEM di Lithuania dan mendapati bahawa motivasi guru meningkat apabila pembangunan profesional dirancang secara kontekstual, praktikal dan disokong secara sistemik. Ia membina rasa pemilikan dalam kalangan guru yang akhirnya memberi kesan positif terhadap pengajaran mereka.

Seterusnya, melalui kajian Rhodes et al. (2024) pula membangunkan modul latihan guru berdasarkan model Four-Component Instructional Design (4C/ID) menunjukkan bahawa model ini berjaya meningkatkan kompetensi profesional guru terutamanya dalam merancang pengajaran rentas disiplin dan berorientasikan masalah. Dalam konteks pengajaran berasaskan isu, Bicaş et al. (2024) melaporkan bahawa latihan guru menggunakan isu sosiosaintifik (SSI) meningkatkan kesedaran guru terhadap kepelbagaian konteks STEM serta kebolehan mereka untuk menyesuaikan pengajaran dengan realiti masyarakat.

(d) Impak pendidikan STEM dalam masyarakat terhadap sosial

Sebanyak 6 kajian dalam analisis ini melaporkan impak pendidikan STEM terhadap pembangunan kemahiran sosial, hubungan interpersonal, komunikasi dan penglibatan komuniti. Dapatan ini menunjukkan bahawa pendidikan STEM yang dirancang secara kolaboratif dan kontekstual tidak hanya membina pengetahuan kognitif, malah turut memupuk keupayaan sosial yang kritikal untuk kerjaya dan kehidupan bermasyarakat.

Sebagai contoh, kajian oleh Duran et al. (2024) menunjukkan bahawa gabungan gamifikasi dan pembelajaran aktif dalam kursus kejuruteraan elektrik mendorong peningkatan dalam hubungan sosial, kolaborasi kumpulan dan kemahiran komunikasi dalam kalangan pelajar universiti. Ini mengesahkan bahawa reka bentuk pembelajaran yang bersifat interaktif dapat merangsang pelajar untuk belajar bersama, menyelesaikan masalah secara bersama-sama dan menyampaikan idea dengan lebih yakin. Seterusnya, kajian oleh Castagno et al. (2023) pula mengadaptasi pendekatan sains penyertaan berasaskan komuniti untuk melibatkan pelajar dalam isu keadilan sosial dan sains berimpak komuniti. Pelajar bukan sahaja mempelajari kandungan STEM tetapi juga dilibatkan dalam pengumpulan data komuniti, memahami peranan mereka sebagai warganegara saintifik dan membina kesedaran terhadap isu-isu sosial dan alam sekitar.

Selain itu, menurut Calabrese Barton dan Tan (2018) dari sudut pembelajaran STEM berorientasikan ekuiti, menunjukkan bahawa penglibatan pelajar dalam komuniti pembelajaran berasaskan keadilan memperkukuh nilai sosial seperti agensi pelajar, rasa kebertanggungjawab dan kemahiran kerja berpasukan. Dalam dimensi bilik darjah, kajian oleh Kilty et al. (2021) menekankan bagaimana modifikasi pelan pengajaran untuk menangani keperluan sosial pelajar membantu membina interaksi lebih konstruktif dalam aktiviti STEM. Kajian ini menunjukkan bahawa strategi pengajaran yang peka terhadap keperluan sosial pelajar memperkukuh keterlibatan mereka dalam pembelajaran.

Akhir sekali, Chen et al. (2023) melaporkan perubahan dalam pandangan pelajar terhadap kawalan sosial selepas terlibat dalam pembelajaran STEM yang berkaitan dengan topik-topik seperti entropi, organisasi sosial dan nilai-nilai sivik membuka ruang kepada pemikiran bahawa

pendidikan STEM mampu menjadi platform untuk mendidik pelajar menjadi ahli masyarakat yang bertanggungjawab dan reflektif membuktikan bahawa pembelajaran bukan hanya berlaku secara individu, tetapi juga dalam konteks komuniti, kolaborasi dan wacana sosial. STEM yang dilaksanakan dengan strategi sosial yang berstruktur dapat memperkukuh empati, tanggungjawab sivik, komunikasi berkesan dan penglibatan pelajar sebagai agen perubahan dalam masyarakat.

(e) Lain-lain

Sebanyak 25 kajian tidak secara langsung menyatakan kategori impak yang jelas atau melaporkan impak umum seperti peningkatan keberkesanan intervensi, penyesuaian konteks pengajaran atau penglibatan komuniti tanpa klasifikasi domain khusus. Sebahagian besar kajian dalam kategori ini melaporkan kejayaan pelaksanaan pendidikan STEM dari sudut kebolehlaksanaan (feasibility), penerimaan komuniti dan kesesuaian budaya, khususnya dalam konteks pembelajaran tidak formal dan pendidikan berasaskan komuniti. Sebagai contoh, Rodegher et al. (2024) menekankan kepentingan kerjasama antara universiti dan institusi muzium dalam memastikan program STEM kekal relevan semasa gangguan sosial, manakala Kilty et al. (2021) melaporkan bahawa pengubahsuaian perancangan pengajaran STEM dapat meningkatkan kesinambungan pembelajaran walaupun dalam situasi kekangan fizikal. Kajian oleh Chen et al. (2023) pula menunjukkan bahawa pengintegrasian kandungan STEM dengan isu sosial dan nilai sivik mampu memperluaskan makna pembelajaran walaupun impaknya tidak diukur secara spesifik mengikut domain.

Dominasi kategori lain-lain ini mencerminkan kecenderungan penyelidikan STEM yang masih menumpukan kepada pelaporan keberhasilan program secara umum tanpa penggunaan kerangka penilaian impak yang standard. Kekurangan standardisasi dalam pelaporan impak menyukarkan proses perbandingan antara kajian serta menghadkan keupayaan untuk mensintesis dapatan secara lebih sistematik. Ini menunjukkan keperluan untuk standardisasi pelaporan impak dalam kajian STEM agar lebih mudah dikategorikan dan dibandingkan.

3.3 Cabaran utama pelaksanaan pendidikan STEM dalam kalangan masyarakat dan bagaimana ia boleh diatasi

Pendidikan Sains, Teknologi, Kejuruteraan dan Matematik (STEM) memainkan peranan penting dalam membentuk generasi masa depan yang berkemahiran tinggi dan mampu bersaing di peringkat global. Walau bagaimanapun, pelaksanaan pendidikan STEM dalam kalangan masyarakat menghadapi pelbagai cabaran yang perlu ditangani agar dapat mencapai matlamatnya dengan berkesan. Berdasarkan kajian tinjauan literatur sistematik yang melibatkan 64 artikel dalam bidang pendidikan STEM, terdapat beberapa cabaran utama yang dihadapi oleh masyarakat dalam melaksanakan pendidikan STEM dan cara-cara untuk mengatasinya.

(a) Kegagalan pelajar dalam pembelajaran STEM

Salah satu cabaran terbesar dalam pendidikan STEM adalah menangani kegagalan pelajar terutama dalam aspek penguasaan konsep-konsep sains dan teknologi yang sering kali dianggap kompleks. Menurut Simpson et al. 2024 yang dianalisis dalam kajian ini melaporkan bahawa ramai pelajar menghadapi kesukaran untuk memahami konsep sains yang abstrak yang menyebabkan mereka berasa putus asa dan kurang bermotivasi. Begitu juga, Wolf et al. (2020) menerangkan bahawa mindset kegagalan dalam kalangan pelajar robotik berperanan penting dalam meningkatkan keyakinan diri dan penglibatan mereka. Domenici (2025) mencadangkan penggunaan pendekatan penyelidikan berbasis komuniti untuk membantu pelajar belajar daripada kesilapan dan meningkatkan pencapaian mereka dalam STEM. Selain itu, Gilchrist et

al. (2021) menunjukkan bahawa latihan profesional untuk guru dapat membantu dalam menyesuaikan pendekatan pengajaran bagi mengatasi cabaran ini dengan memberi perhatian lebih kepada kaedah yang menyokong pelajar dalam menghadapi kegagalan.

(b) Kekurangan minat dan motivasi dalam STEM

Minat dan motivasi pelajar terhadap STEM sering kali menjadi isu besar dalam pelaksanaan pendidikan ini. Menurut May et al. (2025) satu pendekatan yang berkesan untuk meningkatkan minat pelajar dalam STEM adalah dengan menggunakan kerangka identiti STEM yang digabungkan dengan pendekatan reka bentuk berasaskan penyelidikan (DBR). Model ini menekankan pentingnya membina identiti STEM di kalangan pelajar melalui aktiviti yang memberi penekanan kepada pembangunan kemahiran teknikal serta penglibatan dalam projek-projek STEM yang menarik. Dalam kajian mereka, Gilchrist et al. (2021) pula menerangkan bagaimana pelan pembangunan individu (IDP) membantu pelajar yang kurang diwakili untuk meningkatkan penglibatan mereka dalam STEM. Rhodes et al. (2024) menambah bahawa penglibatan dalam projek STEM berasaskan penyelidikan memberi peluang kepada pelajar untuk merasai kepuasan dalam pencapaian dengan meningkatkan motivasi intrinsik mereka. Di samping itu, Nyaaba et al. (2024) mencadangkan bahawa penglibatan pelajar dalam aktiviti praktikal yang relevan dengan dunia sebenar seperti pemodelan dan kajian kes dapat mempertingkatkan minat mereka dalam STEM.

(c) Kesenjangan jantina dalam penglibatan STEM

Kesenjangan jantina dalam penglibatan pelajar wanita dalam bidang STEM merupakan cabaran yang sering dibangkitkan dalam kajian-kajian terdahulu. Menurut Martin-Pecina et al. (2025) program mentor dan kem musim panas STEM membantu meningkatkan motivasi dan penglibatan pelajar wanita walaupun terdapat usaha untuk menarik lebih ramai wanita muda ke dalam bidang STEM, statistik menunjukkan bahawa mereka masih kurang terlibat dalam bidang ini berbanding lelaki. Sebagai solusi, satu pendekatan yang dicadangkan adalah Kerangka Identiti STEM yang memberi tumpuan kepada pembinaan identiti melalui mentor wanita dan kem musim panas sains. Aktiviti ini memberi peluang kepada pelajar perempuan untuk berinteraksi dengan role model yang berjaya dalam bidang STEM, sambil terlibat dalam aktiviti yang menggalakkan pembelajaran praktikal dan pengalaman tangan. Bicaej et al. (2024) turut menegaskan bahawa penglibatan pelajar wanita dalam aktiviti berasaskan projek dan eksperimen saintifik dapat memperbaiki minat mereka dalam STEM dengan memberi mereka peluang untuk melihat potensi mereka dalam bidang ini. Kim (2024) turut mencadangkan bahawa membina identiti STEM di kalangan pelajar wanita melalui sokongan dari role models wanita adalah salah satu pendekatan yang berkesan.

(d) Penglibatan sosial pelajar STEM

Penglibatan sosial pelajar dalam STEM sering kali terjejas apabila mereka tidak merasa bahawa pembelajaran mereka relevan atau menyeluruh. Duran et al. (2025) menyarankan penggunaan gamifikasi dalam pembelajaran aktif untuk meningkatkan interaksi sosial antara pelajar yang dapat memperbaiki motivasi dan keinginan mereka untuk terlibat lebih dalam STEM. Zaghi et al. (2023) menunjukkan bahawa pengajaran dalam talian dengan elemen interaksi sosial yang kukuh dapat memperkukuhkan rasa kepunyaan dalam kalangan pelajar yang kurang diwakili. Dengan memasukkan elemen permainan dan cabaran dalam pembelajaran STEM, pelajar dapat berinteraksi dengan rakan sebaya dan memperbaiki kemahiran komunikasi serta kerja berpasukan mereka. Pendekatan ini bukan sahaja meningkatkan motivasi pelajar tetapi juga memperkukuhkan pembelajaran sosial yang penting untuk pembangunan kemahiran abad ke-21. Gamifikasi membolehkan pelajar merasai keseronokan dalam pembelajaran yang mendorong mereka untuk terus terlibat dan berminat

dalam subjek STEM. Tomperi et al. (2022) menambah bahawa penglibatan pelajar dalam penyelidikan berkaitan alam sekitar dan isu-isu sosial dapat memperkukuhkan motivasi mereka terhadap STEM dengan menunjukkan aplikasi dunia nyata dalam bidang ini.

(e) Pemikiran saintifik dan literasi yang terhad

Cabaran lain yang dihadapi dalam pendidikan STEM adalah kekurangan pemikiran saintifik dan literasi di kalangan pelajar terutamanya dalam kalangan mereka yang kurang terdedah kepada pendekatan pembelajaran berasaskan penyelidikan. Menurut Morris (2025) dalam kajiannya melaporkan bahawa pendekatan Kerangka CIBSE yang berasaskan pembelajaran inkuiri dapat membantu pelajar meningkatkan pemikiran saintifik mereka. Melalui pendekatan ini, pelajar didorong untuk meneroka konsep-konsep sains secara mendalam dengan mencari penyelesaian kepada masalah sebenar dan memahami proses penyelidikan saintifik. Tan et al. (2023) juga menyarankan bahawa model literasi saintifik berasaskan pemodelan adalah cara yang berkesan untuk meningkatkan pemahaman pelajar terhadap konsep-konsep saintifik. Ješková et al. (2022) menambah bahawa pengajaran menggunakan kaedah argumentasi integratif dalam pendidikan sains dapat memperbaiki kemahiran pelajar dalam membuat keputusan yang berasaskan data sains. Burrows et al. (2018) menunjukkan bahawa pendidikan sains berasaskan masyarakat yang memberi tumpuan kepada penyertaan pelajar dalam penyelidikan dapat memperbaiki literasi saintifik dan meningkatkan keupayaan mereka untuk memahami isu-isu sains yang kompleks.

4. Perbincangan

Hasil kajian menunjukkan keperluan untuk mewujudkan pendidikan STEM yang inklusif dan sensitiv terhadap latar budaya, terutamanya kepada komuniti terpinggir seperti masyarakat Orang Asli, pelajar luar bandar, minoriti etnik dan pelajar perempuan. Pendidikan STEM yang tidak mempertimbangkan latar budaya boleh menimbulkan jurang penyertaan dan menjejaskan keberkesanan pengajaran. Merujuk kepada Rodegher et al. (2024) pelajar perempuan luar bandar yang mengambil bahagian dalam program STEM berasaskan komuniti menunjukkan peningkatan dalam keyakinan diri dan kesedaran kerjaya sains apabila mereka dilibatkan dalam aktiviti yang mengambil kira budaya dan realiti kehidupan mereka.

Castagno et al. (2023) juga menekankan bahawa pengajaran STEM yang responsif budaya membolehkan guru membina hubungan yang lebih berkesan dengan pelajar dan menjadikan kandungan pembelajaran lebih relevan kepada mereka. Menurut Tan et al. (2023) pula menganalisis keberkesanan pendekatan “culturally sustaining pedagogy” yang tidak sekadar menerima perbezaan budaya, tetapi secara aktif memelihara dan mengangkat identiti pelajar sebagai aset dalam proses pembelajaran. Pendekatan ini terbukti meningkatkan pencapaian akademik dan penyertaan pelajar daripada komuniti minoriti. Sementara itu, program pendidikan STEM yang dijalankan dalam komuniti luar bandar perlu dibangunkan secara kolaboratif dengan penduduk setempat agar bersifat kontekstual dan lestari tegas Barton & Tan (2018).

Kajian ini juga menunjukkan bahawa literasi bahasa memainkan peranan penting dalam pemahaman konsep STEM. Kim dan Kim (2024) melaporkan bahawa pelajar daripada latar belakang bukan penutur utama bahasa pengantar lebih mudah memahami konsep sains apabila diberikan penjelasan dalam bahasa ibunda atau melalui analogi budaya tempatan. Jang et al. (2024) juga menyokong dapatan ini dengan menunjukkan bahawa pelajar lebih aktif bertanya dan terlibat apabila bahan pembelajaran disampaikan dalam konteks budaya mereka. Tambahan pula, Renn et al. (2024) dan Rhodes et al. (2024) juga menekankan keperluan guru

mengintegrasikan elemen budaya tempatan dalam pengajaran sebagai strategi untuk membina jati diri saintifik dan meningkatkan kefahaman pelajar terhadap kaitan antara sains dan kehidupan seharian mereka.

Dari segi gender, pemberdayaan pelajar perempuan dalam STEM turut ditekankan. Juškevičienė et al. (2024) melaporkan bahawa program musim panas yang menyediakan ruang untuk pelajar perempuan bertemu dan berinteraksi dengan model peranan wanita dalam bidang STEM berjaya meningkatkan minat terhadap kerjaya dalam sains dan teknologi. Niousha et al. (2023) menunjukkan bahawa intervensi melalui mentor perempuan dan penglibatan dalam projek masyarakat mendorong pelajar perempuan membina keyakinan serta melihat STEM sebagai bidang yang inklusif dan mampu dicapai. Selain itu, pelajar perempuan yang berpeluang menyertai program berasaskan komuniti memperlihatkan pertumbuhan dalam sikap positif terhadap sains, motivasi pembelajaran dan orientasi kerjaya jangka panjang (Musavi et al. 2018).

Secara keseluruhan, pendidikan STEM perlu diposisikan sebagai ruang yang adil, inklusif dan mencerminkan kepelbagaian budaya serta identiti pelajar. Apabila pelajar melihat diri mereka diwakili dalam kandungan, pendekatan dan persekitaran pembelajaran, mereka akan lebih bersemangat dan yakin untuk menyertai dan menyumbang dalam dunia STEM. Oleh itu, prinsip keadilan sosial dan kesaksamaan perlu menjadi asas dalam reka bentuk dan pelaksanaan pendidikan STEM di semua peringkat.

5. Kesimpulan

Kajian literatur sistematik ini merumuskan bahawa pendidikan STEM merupakan elemen teras dalam membentuk masyarakat berpengetahuan, inovatif dan bertanggungjawab sosial. Analisis terhadap pelbagai kajian menunjukkan bahawa pendekatan pedagogi yang pelbagai seperti Project-Based Learning (PBL), Inquiry-Based Learning (IBL), gamifikasi, serta pembelajaran berasaskan komuniti telah berjaya meningkatkan penglibatan pelajar, pemikiran kritikal dan keupayaan menyelesaikan masalah secara kreatif. Dalam masa yang sama, pendidikan STEM terbukti berperanan dalam memperkukuh literasi saintifik dan keterlibatan sivik apabila pelajar dilibatkan dalam aktiviti berasaskan komuniti, penyelidikan partisipatif dan isu sosiosaintifik. Dapatan ini memperlihatkan bahawa pendidikan STEM bukan hanya berfungsi sebagai saluran akademik, tetapi juga sebagai wahana pemberdayaan sosial dan pembangunan insan yang menyeluruh.

Selain itu, kejayaan pelaksanaan pendidikan STEM amat bergantung kepada pembangunan profesional guru, pelibatan komuniti serta sokongan dasar yang inklusif dan responsif terhadap kepelbagaian budaya dan keadilan sosial. Dalam konteks Malaysia, penemuan kajian ini menegaskan keperluan untuk memperkukuh sinergi antara institusi pendidikan, pihak berkuasa tempatan dan masyarakat bagi memastikan pembelajaran STEM terus relevan dan berimpak tinggi. Pendidikan STEM harus dilihat sebagai satu ekosistem bersepadu yang menyokong pembelajaran sepanjang hayat serta memperkasa warganegara untuk menghadapi cabaran era digital dan globalisasi. Oleh itu, pelaksanaan dasar dan amalan berasaskan bukti perlu diperkukuh bagi memastikan pendidikan STEM benar-benar menjadi pemangkin kepada kemajuan negara dan kesejahteraan masyarakat.

Penghargaan

Penulis ingin merakamkan ucapan terima kasih yang tidak terhingga kepada semua pihak yang menyumbang secara langsung dan tidak langsung dalam menyiapkan kajian ini.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis mengisytiharkan bahawa tiada konflik kepentingan mengenai penerbitan kajian ini.

Rujukan

- Aristeidou, M., Herodotou, C., Ballard, H. L., Higgins, L., Johnson, R. F., Miller, A. E., Young, A. N., & Robinson, L. D. (2021). How do young community and citizen science volunteers support scientific research on biodiversity? The case of iNaturalist. *Diversity*, 13(7), 318. <https://doi.org/10.3390/d13070318>
- Anggoro, F. K., Dubosarsky, M., & Kabourek, S. (2021). Developing an observation tool to measure preschool children's problem-solving skills. *Education Sciences*, 11, 779. <https://doi.org/10.3390/educsci11120779>
- Barrett, B. J., et al. (2023). Strengthening STEM Teaching in Rural, Indigenous-Serving Schools through Long-Term, Culturally Responsive Professional Development.
- Bicaj, A., Berisha, F., & Gisewhite, R. (2024). Exploring in-service science teachers' self-perceptions of competence and pedagogical approaches to socioscientific issues in education. *Education Sciences*, 14, 1249. <https://doi.org/10.3390/educsci14111249>
- Banwo, B. O., Navarrete-Burks, L., McGee, S., & McGee-Tekula, R. (2024). Building bridges in STEM education: Minoritized secondary school student computer science pathways and experiences. *Education Sciences*, 14, 831. <https://doi.org/10.3390/educsci14080831>
- Bernardo, A. B. I., Cordel, M. O. II, Lucas, R. I. G., Teves, J. M. M., Yap, S. A., & Chua, U. C. (2021). Using machine learning approaches to explore non-cognitive variables influencing reading proficiency in English among Filipino learners. *Education Sciences*, 11, 628. <https://doi.org/10.3390/educsci11100628>
- Beniermann, A., Mecklenburg, L., & Upmeier zu Belzen, A. (2021). Reasoning on controversial science issues in science education and science communication. *Education Sciences*, 11, 522. <https://doi.org/10.3390/educsci11090522>
- Bopardikar, A., Bernstein, D., & McKenney, S. (2023). Boundary crossing in student-teacher-scientist partnerships: Designer considerations and methods to integrate citizen science with school science. *Instructional Science*, 51, 847-886. <https://doi.org/10.1007/s11251-022-09615>
- Ballard, H. L. (2023). Community and citizen science in schools: Nested inquiries, productive tensions, and the role of communities. *Instructional Science*, 51, 913-919. <https://doi.org/10.1007/s11251-023-09643-7>
- Burrows, A., Lockwood, M., Borowczak, M., Janak, E., & Barber, B. (2018). Integrated STEM: Focus on informal education and community collaboration through engineering. *Education Sciences*, 8(1), 4. <https://doi.org/10.3390/educsci8010004>
- Castagno, A. E., Dass, P. M., Joseph, D. H., Keene, C., & Macias, C. (2023). Strengthening STEM teaching in rural, indigenous-serving schools through long-term, culturally responsive professional development. *Education Sciences*, 13, 825. <https://doi.org/10.3390/educsci13080825>
- Chen, C., Chen, S., Haste, H., Selman, R. L., & Schneps, M. H. (2023). Romantic transfer from thermodynamic theories to personal theories of social control: A randomised controlled experiment. *Education Sciences*, 13, 599. <https://doi.org/10.3390/educsci13060599>
- Calabrese Barton, A., & Tan, E. (2018). A longitudinal study of equity-oriented STEM-rich making among youth from historically marginalized communities. *American Educational Research Journal*, 55(4), 761-800. <https://doi.org/10.3102/0002831218758668>

- Duran, M. J., Aciego, J. J., González-Prieto, I., Carrillo-Rios, J., Gonzalez-Prieto, A., & Claros-Colome, A. (2025). A gamified active-learning proposal for higher-education heterogeneous STEM courses. *Education Sciences*, 15(1), 10. <https://doi.org/10.3390/educsci15010010>
- Dominguez, A., De la Garza, J., Quezada-Espinoza, M., & Zavala, G. (2024). Integration of physics and mathematics in STEM education: Use of modeling. *Education Sciences*, 14, 20. <https://doi.org/10.3390/educsci14010020>
- Domenici, V. (2022). STEAM project-based learning activities at the science museum as an effective training for future chemistry teachers. *Education Sciences*, 12, 30. <https://doi.org/10.3390/educsci12010030>
- Edwards, N., Goodwin, R. L., Khalil, M. K., Fowler, L. A., & Nathaniel, T. (2024). Students' motivation and engagement in the implementation of individual development plan for underrepresented minority (URM) students in undergraduate STEM training programs. *Education Sciences*, 14, 313. <https://doi.org/10.3390/educsci14030313>
- Franza, A., & Pratesi, G. (2024). Learning sciences from the past: Recovery, study, and cataloging of a historical natural history school museum. *Education Sciences*, 14, 80. <https://doi.org/10.3390/educsci14010080>
- Ford, C. J., Mohr-Schroeder, M. J., & Usher, E. L. (2023). I fail; therefore, I can: Failure mindset and robotics self-efficacy in early adolescence. *Education Sciences*, 13, 1038. <https://doi.org/10.3390/educsci13101038>
- Gilchrist, P. O., Alexander, A. B., Green, A. J., Sanders, F. E., Hooker, A. Q., & Reif, D. M. (2021). Development of a pandemic awareness STEM outreach curriculum: Utilizing a computational thinking taxonomy framework. *Education Sciences*, 11, 109. <https://doi.org/10.3390/educsci11030109>
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2020). *STEM Integration in K–12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research*. National Academies Press.
- Heather, J., May, M., & Johnson, K. (2024). Social justice, community engagement, and undergraduate STEM education: Participatory science as a teaching tool. *Education Sciences*, 14
- Herodotou, C., Ismail, N., Aristeidou, M., Miller, G., Benavides Lahnstein, A. I., Ghadiri Khanaposhtani, M., Robinson, L. D., & Ballard, H. L. (2022). Online community and citizen science supports environmental science learning by young people. *Computers & Education*, 184, 104515. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104515>
- Ješková, Z., Lukáč, S., Šnajder, L., Guniš, J., Klein, D., & Kireš, M. (2022). Active learning in STEM education with regard to the development of inquiry skills. *Education Sciences*, 12, 686. <https://doi.org/10.3390/educsci12100686>
- Juškevičiene, A., Jevsikova, T., Stupuriene, G., & Vinikiene, L. (2024). STEM teachers' motivation and engagement in teacher professional development and career advancement: A case study of Lithuania. *Education Sciences*, 14, 780. <https://doi.org/10.3390/educsci14070780>
- Jang, W., Kwon, K.-A., & Horm, D. (2024). The role of language and literacy skills in science learning from kindergarten to 5th grade: Mitigating gender, racial/ethnic, and socio-economic disparities. *Education Sciences*, 14, 994. <https://doi.org/10.3390/educsci14090994>
- Khanaposhtani, M. G., Ballard, H. L., Lorke, J., Miller, A. E., Pratt-Taweh, S., Jennewein, J., Robinson, L. D., Higgins, L., Johnson, R. F., Young, A. N., Pauly, G. B., & Benavides Lahnstein, A. I. (2022). Examining youth participation in ongoing community and citizen science programs in 3 different out-of-school settings. *Environmental Education Research*, 28(12), 1730–1754. <https://doi.org/10.1080/13504622.2022.2078480>

- Kilty, T. J., Burrows, A. C., Christoffersen, D., Kilty, K. T., Welsh, K. M., McBride, S., Bergmaier, P., Bitzas, C., & Rainey, C. (2021). Instructional planning modifications to meet social distancing requirements: Secondary and post-secondary options. *Education Sciences*, 11, 217. <https://doi.org/10.3390/educsci11050217>
- Kim, S. L., & Kim, D. (2024). Empowering diverse learners: Integrating writing-to-learn strategies in a middle school science classroom in the U.S. *Education Sciences*, 14, 1031. <https://doi.org/10.3390/educsci14091031>
- Kim, W. J. (2024). Community-engaged research projects in school settings: Science teachers' practices and reflections. *Social Sciences*, 13, 661. <https://doi.org/10.3390/socsci13120661>
- Leung, W. M. V. (2023). STEM education in early years: Challenges and opportunities in changing teachers' pedagogical strategies. *Education Sciences*, 13, 490. <https://doi.org/10.3390/educsci13050490>
- Lampley, S. A., Dyess, S. R., Benfield, M. P. J., Davis, A. M., Gholston, S. E., Dillihunt, M. L., & Turner, M. W. (2022). Understanding the conceptions of engineering in early elementary students. *Education Sciences*, 12, 43. <https://doi.org/10.3390/educsci12010043>
- Lee, S. Y., & Jung, M. (2021). Exploring competing perspectives on how to design open innovation program for high school STEM education: A case study. *Education Sciences*, 11, 322. <https://doi.org/10.3390/educsci11070322>
- Morris, D. L. (2025). Rethinking science education practices: Shifting from investigation-centric to comprehensive inquiry-based instruction. *Education Sciences*, 15(1), 73. <https://doi.org/10.3390/educsci15010073>
- May, T. A., Johnson, C. C., Harold, S., & Walton, J. B. (2025). The development and validation of a K-12 STEM engagement participant outcome instrument. *Education Sciences*, 15(3), 377. <https://doi.org/10.3390/educsci15030377>
- Martín-Peciña, M., Quesada, A., Abril, A. M., & Romero-Ariza, M. (2025). Breaking barriers to unleash STEM futures by empowering girls through mentorship in summer camps. *Education Sciences*, 15(2), 242. <https://doi.org/10.3390/educsci15020242>
- Maiorca, C., Martin, J., Burton, M., Roberts, T., & Tripp, L. O. (2023). Model-eliciting activities: Pre-service teachers' perceptions of integrated STEM. *Education Sciences*, 13, 1247. <https://doi.org/10.3390/educsci13121247>
- Miller, B. G., & Roehrig, G. (2016). Indigenous cultural contexts for STEM experiences: Snow snakes' impact on students and the community. *Cultural Studies of Science Education*, 13, 31–58. <https://doi.org/10.1007/s11422-016-9738>
- Musavi, M., Friess, W. A., James, C., & Isherwood, J. C. (2018). Changing the face of STEM with stormwater research. *International Journal of STEM Education*, 5, 2. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0099-2>
- Nyaaba, M., Zhai, X., & Faison, M. Z. (2024). Generative AI for culturally responsive science assessment: A conceptual framework. *Education Sciences*, 14, 1325. <https://doi.org/10.3390/educsci14121325>
- Nalipay, M. J. N., Huang, B., Jong, M. S. Y., Chai, C. S., & King, R. B. (2024). Promoting STEM learning perseverance through recognizing communal goals: Understanding the impact of empathy and citizenship. *International Journal of STEM Education*, 11, Article 17. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00471-w>
- Niousha, R., Saito, D., Washizaki, H., & Fukazawa, Y. (2023). Investigating the effect of binary gender preferences on computational thinking skills. *Education Sciences*, 13, 433. <https://doi.org/10.3390/educsci13050433>

- O'Toole, J. M., McKoy, K., Freestone, M., & Osborn, J.-A. (2020). 'Scientific literacy': An exercise in model building. *Education Sciences*, 10(8), 204. <https://doi.org/10.3390/educsci10080204>
- Renn, J., Duguay, A. L., & Wright, L. J. (2024). Fostering educator buy-in of language and literacy in the science classroom. *Education Sciences*, 14, 683. <https://doi.org/10.3390/educsci14070683>
- Rhodes, M. J., Van Keulen, H., Gijssels, M. A. R., & Visscher, A. J. (2024). Equipping teachers for integrated language, science and technology instruction: The design of a 4C/ID-based professional development program. *Education Sciences*, 14, 411. <https://doi.org/10.3390/educsci14040411>
- Rodegher, S. L., McGowen, L. C., Hughes, M. D., Schaible, S. E., Muniz, A. J., & Hokanson, S. C. (2024). University–museum partnerships for K-12 engineering learning: Understanding the utility of a community co-created informal education program in a time of social disruption. *Education Sciences*, 14, 146. <https://doi.org/10.3390/educsci14020146>
- Simpson, A., Anderson, A., Maltese, A. V., Penney, L. & Paul, K. (2025). Co-adapting a reflective video-based professional development in informal STEM education. *Education Sciences*, 15(3), 353. <https://doi.org/10.3390/educsci15030353>
- Torres-Peña, R. C., Peña-González, D., Chacuto-López, E., Ariza, E. A., & Vergara, D. (2024). Updating calculus teaching with AI: A classroom experience. *Education Sciences*, 14, 1019. <https://doi.org/10.3390/educsci14091019>
- Tan, A. L., Gillies, R., & Jamaludin, A. (2023). The TEK design principles: Integrating neuroscience and learning environment research. *Education Sciences*, 13, 747. <https://doi.org/10.3390/educsci13070747>
- Tofel-Grehl, C., Hawkman, A. M., Feldon, D. F., Suárez, M. I., MacDonald, B. M., & Searle, K. (2024). "I can be the weird STEM kid who is also gay": Queer rightful presence in STEM making. *Journal of the Learning Sciences*, 33(4-5), 799-842. <https://doi.org/10.1080/10508406.2024.2409101>
- Tomperi, P., Kärkkäinen, S., Väyrynen, E., Jäppinen, I., & Keinonen, T. (2022). Investigation of STEM subject and career aspirations of lower secondary school students in the North Calotte region of Finland, Norway, and Russia. *Education Sciences*, 12(5), 353. <https://doi.org/10.3390/educsci12050353>
- UNESCO. (2023). *Global Education Monitoring Report: Technology in Education*. Paris: UNESCO Publishing.
- Vance-Chalcraft, H.D., Waring, S.L., & Arnold, M. (2025). Community-Engaged Science Projects: Integrating Equity and STEM for Civic Empowerment. *Journal of STEM Outreach*, 10(2), 101–120.
- Varis, K., Jäppinen, I., Kärkkäinen, S., Keinonen, T., & Väyrynen, E. (2018). Promoting participation in society through science education. *Sustainability*, 10(10), 3412. <https://doi.org/10.3390/su10103412>
- Wang, X., Kong, S. C., & Wong, T. M. (2022). STEM learning outcomes in non-formal settings: A meta-analysis. *Computers & Education*, 190.
- Worsley, T., & Heredia, S. (2023). Exploring STEM teacher learning in out-of-school settings: Sites for learning about relevance. *Education Sciences*, 13, 305. <https://doi.org/10.3390/educsci13030305>
- Wolf, S., Burrows, A. C., Borowczak, M., Johnson, M., Cooley, R., & Mogenson, K. (2020). Integrated outreach: Increasing engagement in computer science and cybersecurity. *Education Sciences*, 10(12), 353. <https://doi.org/10.3390/educsci10120353>

- Xiang, L., Mirakhur, Z., Pilny, A., & Krall, R. (2024). Measuring and comparing high school teachers' and undergraduate students' knowledge of complex systems. *Education Sciences*, 14, 837. <https://doi.org/10.3390/educsci14080837>
- Zaghi, A. E., Grey, A., Hain, A., & Syharat, C. M. (2023). "It seems like I'm doing something more important"—An interpretative phenomenological analysis of the transformative impact of research experiences for STEM students with ADHD. *Education Sciences*, 13, 776. <https://doi.org/10.3390/educsci13080776>
- Zarestky, J., & Vilen, L. (2023). Adult STEM education for democratic participation. *Adult Learning*, 34(3), 157-170. <https://doi.org/10.1177/10451595231153133>