Gunung Djati Conference Series, Volume 70 (2026)
Qualitative Research Methods Education I
ISSN: 2774-6585
Website: https://conferences.uinsgd.ac.id/

Integritas Matematika dalam Pendidikan STEM Terintegrasi: Tinjauan Literatur Sistematis

Ridho Mudjib[1,*], Tika Karlina Rachmawati[2]

[1,2]Program Studi Pendidikan Matematika, UIN Sunan Gunung Djati Bandung
Jl. Soekarno-Hatta, Gedebage, Kota Bandung, Jawa Barat, Indonesia

**E-mail : 1232050118@student.uinsgd.ac.id*

Abstrak

Pendidikan STEM terintegrasi sering kali memarginalkan matematika sekadar menjadi alat hitung prosedural. Penelitian ini bertujuan mengkaji kedalaman konsep matematika, tantangan pedagogis, dan strategi desain tugas dalam proyek STEM. Menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) dengan metode sintesis tematik, penelitian ini mengikuti protokol PRISMA. Kriteria inklusi utama membatasi pencarian pada artikel riset primer kualitatif atau *mixed-methods* yang berfokus pada penalaran matematika substantif. Sebanyak 12 studi primer diekstraksi secara eksklusif dari basis data Scopus dalam rentang tahun 2016-2026. Hasil sintesis menunjukkan sebuah dikotomi: proyek rekayasa fisik cenderung mereduksi peran matematika, sedangkan integrasi pemikiran komputasional dan pemrograman mengangkat matematika menjadi fondasi penalaran analitis dan pemodelan tingkat tinggi. Tantangan utama mencakup bias kepakaran pendidik yang mengajar secara tersilo, serta miskonsepsi dan kebuntuan matematis siswa akibat ambiguitas tugas terbuka. Untuk mempertahankan integritas matematika, studi ini merekomendasikan pergeseran menuju *Model-Eliciting Activities* (MEAs) berskala kecil. Penerapan pedagogi berbasis alat dengan instruksi minimal dan umpan balik sintonik digital menunjukkan potensi kuat dalam memfasilitasi kegagalan produktif yang esensial bagi pengembangan kognitif matematis siswa.
Kata kunci: Desain Tugas, Integritas matematika, Model-Eliciting Activities, Pendidikan STEM, Tinjauan Literatur Sistematis.

Abstract

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Integrated STEM education frequently marginalizes mathematics into a mere procedural calculation tool. This study aims to examine the depth of mathematical concepts, pedagogical challenges, and task design strategies within STEM projects. Utilizing a Systematic Literature Review (SLR) approach with thematic synthesis, this study followed the PRISMA protocol. Primary inclusion criteria were limited to qualitative or mixed-methods primary research articles focusing on substantive mathematical reasoning. A total of 12 primary studies were exclusively extracted from the Scopus database between 2016 and 2026. The synthesis reveals a dichotomy: physical engineering projects tend to reduce the role of mathematics, whereas the integration of computational thinking and programming elevates mathematics into a foundation for high-level analytical reasoning and modeling. Primary challenges include teacher expertise bias leading to siloed instruction, alongside students' mathematical misconceptions and dead-ends caused by open-ended task ambiguity. To preserve mathematical rigor, this study recommends a shift toward small-scale Model-Eliciting Activities (MEAs). Implementing tool-based pedagogy with minimalist instruction and digital syntonic feedback shows strong potential in facilitating the productive failure essential for students' mathematical cognitive development.

Keywords: *Mathematical Rigor, Model-Eliciting Activities, STEM Education, Systematic Literature Review, Task Design.*

1. PENDAHULUAN

Matematika secara fundamental merupakan disiplin ilmu yang berfokus pada pengembangan keterampilan berpikir kritis dan analitis melalui pemecahan masalah (Duma et al., 2024). Disiplin ini memainkan peran utama dalam membentuk kemampuan kognitif siswa, mendorong penalaran logis, serta memampukan mereka untuk memecahkan tantangan yang kompleks. Seiring dengan tuntutan pendidikan modern, keterampilan matematis ini kemudian menjadi pilar krusial di dalam pendekatan STEM (*Science*, *Technology*, *Engineering*, *and Mathematics*). Keterlibatan pemecahan masalah matematika dalam STEM memungkinkan siswa menerapkan konsep teoretis ke dalam situasi praktis, sehingga melatih pemikiran sistematis yang sangat dibutuhkan saat ini (Sufriadi et al., 2025). Lebih jauh, pengintegrasian model berbasis masalah ke dalam pendekatan STEM terbukti esensial untuk mendongkrak kemampuan pemecahan masalah matematis siswa secara komprehensif (Leniawati & Sugilar, 2026). Secara konseptual, pendidikan STEM terintegrasi bertujuan menciptakan lingkungan pembelajaran yang holistik, bukan sekadar menggabungkan keempat disiplin ilmu secara terpisah (Ashique, 2026). Namun, pada tataran implementasi, penerapan integrasi interdisipliner ini sering kali diwarnai oleh kendala kritis, terutama

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

dalam menjaga proporsi dan kedalaman esensi masing-masing disiplin ilmu, di mana matematika acap kali menjadi subjek yang dikesampingkan (Sari et al., 2026).

Di dalam ekosistem STEM yang ideal, keterlibatan matematika menuntut siswa untuk mampu menganalisis, menyintesis, dan mengevaluasi situasi secara mandiri (Amalina & Vidákovich, 2022). Tuntutan tersebut sejalan dengan sifat logis matematika yang memang membutuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi. Sayangnya, realitas literatur dan praktik di lapangan justru menunjukkan tren sebaliknya; matematika sering kali mengalami marginalisasi di dalam aktivitas proyek STEM (Goos et al., 2023). Domain rekayasa (*engineering*) dan sains cenderung mendominasi alur pembelajaran, sementara matematika kerap direduksi hanya sebagai instrumen kalkulasi dasar, alat ukur, atau sebatas pendukung untuk pembuatan grafik sederhana (Just & Siller, 2022). Fenomena reduksionis ini memicu kekhawatiran akademik yang serius. Hilangnya ketajaman matematis (*mathematical rigor*) dalam proyek STEM berisiko besar mengabaikan pengembangan pemahaman konseptual dan prosedural siswa yang seharusnya terbangun secara mendalam. Padahal, pembelajaran STEM yang terstruktur sejatinya sangat potensial untuk memupuk kemampuan berpikir kreatif matematis siswa secara optimal (Hasan et al., 2023).

Akar dari tantangan dalam mempertahankan integritas matematika tersebut sangat erat kaitannya dengan desain pedagogis dan kesiapan guru di kelas (Tytler et al., 2023). Kompetensi pedagogis dan penguasaan materi dari seorang guru menjadi kunci utama untuk menerjemahkan konsep matematika yang abstrak menjadi bentuk konkret dan relevan bagi siswa di tengah padatnya aktivitas proyek (Li et al., 2025). Padahal, banyak pendidik yang terjebak dalam dilema pedagogis (*pedagogical tension*) ketika mengimplementasikan STEM akibat minimnya kerangka asesmen otentik serta desain tugas (*task design*) yang memfasilitasi pemodelan matematis (Ukkonen et al., 2025). Kendala perancangan tugas ini pada akhirnya berdampak langsung pada kebuntuan konseptual di pihak siswa. Sebagaimana ditegaskan oleh Rahayu et al. (2018), peningkatan motivasi belajar dan pemahaman matematis siswa sangat bergantung pada penerapan strategi pembelajaran yang aktif dan tepat sasaran, bukan sekadar penugasan yang pasif. Selain itu, stimulasi pedagogis yang memicu konflik kognitif juga terbukti krusial untuk melatih kemampuan berpikir lateral matematis siswa di dalam kelas (Susilawati et al., 2019). Oleh karena itu, pengintegrasian sifat logis matematika ke dalam STEM mendesak adanya upaya terstruktur dari pendidik untuk merancang model pembelajaran yang inovatif, interaktif, dan efektif.

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Meskipun urgensi peran matematika dalam STEM sangat krusial, eksplorasi sistematis mengenai strategi untuk mempertahankan ketajaman matematis tersebut masih sangat terbatas. Tinjauan literatur terdahulu, seperti studi *Systematic Literature Review* (SLR) yang dilakukan oleh Just dan Siller (2022), memang telah menyoroti fenomena penurunan literasi dan peran matematika di dalam kelas sains sekunder. Namun, kajian tersebut bersifat tinjauan status secara umum dan belum secara spesifik membedah solusi pedagogis, evaluasi desain tugas, serta peran intervensi pemikiran komputasional dalam menjembatani masalah tersebut. Untuk mengisi kesenjangan penelitian (*research gap*) ini, artikel SLR yang disusun menawarkan kebaruan (*novelty*) dengan memfokuskan sintesis kualitatif pada literatur dekade terakhir (2016-2026) yang secara spesifik mengeksplorasi interseksi antara pedagogi, desain tugas, dan strategi pemodelan matematis. Apalagi, pengembangan bahan ajar interaktif yang mengintegrasikan kerangka disiplin ilmu secara luas (seperti STREAM) kini semakin urgen untuk menjembatani pemahaman konsep matematis di era digital (Fauziah et al., 2026).

Tujuan utama dari penelitian ini adalah mengkaji kedalaman posisi konsep matematika, mengidentifikasi tantangan pedagogis secara spesifik, serta merumuskan strategi desain tugas yang efektif guna mencegah marginalisasi matematika dalam pendidikan STEM. Melalui sintesis ini, hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dan manfaat langsung, meliputi: panduan praktis bagi guru dalam merancang tugas interdisipliner berbasis *Model-Eliciting Activities* (MEAs), rujukan bagi pengembang kurikulum untuk menyusun standar asesmen otentik, dan landasan teoretis bagi peneliti selanjutnya yang mengkaji pedagogi STEM. Guna mencapai tujuan tersebut, tinjauan ini diarahkan oleh tiga pertanyaan penelitian (*research questions*) utama, yaitu: 1) Bagaimana kedalaman konsep matematika (*mathematical rigor*) diintegrasikan dan diposisikan dalam aktivitas proyek STEM pada literatur pendidikan saat ini? 2) Apa saja tantangan pedagogis yang dilaporkan oleh peneliti dan guru dalam mempertahankan integritas matematika selama pembelajaran STEM berlangsung? serta 3) Kerangka kerja atau strategi desain tugas seperti apa yang direkomendasikan dalam literatur untuk mencegah marginalisasi matematika dalam pendidikan STEM?.

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

2. METODE PENELITIAN

Systematic Literature Review (SLR) adalah metodologi yang dirancang untuk mengumpulkan dan mengevaluasi studi yang relevan dengan topik tertentu secara komprehensif berdasarkan kriteria yang ketat (Saba, 2024). Penelitian ini mengadopsi pendekatan SLR dengan metode sintesis tematik kualitatif. Pemilihan sintesis tematik bertujuan untuk menyediakan metode yang terstruktur, transparan, dan dapat direproduksi dalam mengekstrak, mengodekan, dan mengelompokkan temuan-temuan kualitatif dari literatur terkait desain tugas dan pedagogi STEM (Carrera-Rivera et al., 2022). Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi pola kesamaan maupun inkonsistensi perlakuan terhadap matematika di dalam studi sebelumnya. Pelaksanaan penelitian ini berpedoman penuh pada standar PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) yang mencakup alur identifikasi, penyaringan, uji kelayakan, hingga penetapan studi inklusi (Page et al., 2021).

2.1. Pertanyaan Penelitian (*Research Question*)

Pada tahap awal, pertanyaan penelitian dirumuskan secara eksplisit berdasarkan kerangka PICO (*Population, Intervention, Comparison, Outcomes*) agar tinjauan literatur terarah dan tepat sasaran. Pertanyaan yang terfokus membantu menyaring studi yang relevan dan memastikan hasil sintesis dapat menjawab tujuan utama. Cakupan PICO dalam SLR ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria dan Cakupan Penelitian

No	Kriteria	Cakupan
1	*Population*	Artikel yang mendiskusikan integrasi konsep dan penalaran matematika substantif pada lingkungan pendidikan STEM terintegrasi.
2	*Intervention*	Fokus pada intervensi desain tugas (*task design*), model pembelajaran, atau kerangka pedagogis komputasional yang berupaya mempertahankan ketajaman konsep matematika.
3	*Comparison*	Kelebihan dan keterbatasan dari berbagai aktivitas proyek STEM (misalnya proyek fisik multidisiplin vs. pemodelan komputasional berskala kecil).

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

No	Kriteria	Cakupan
4	*Outcomes*	Teridentifikasinya tantangan pedagogis (guru/siswa) dan kerangka operasional untuk mencegah marginalisasi matematika dalam proyek STEM.

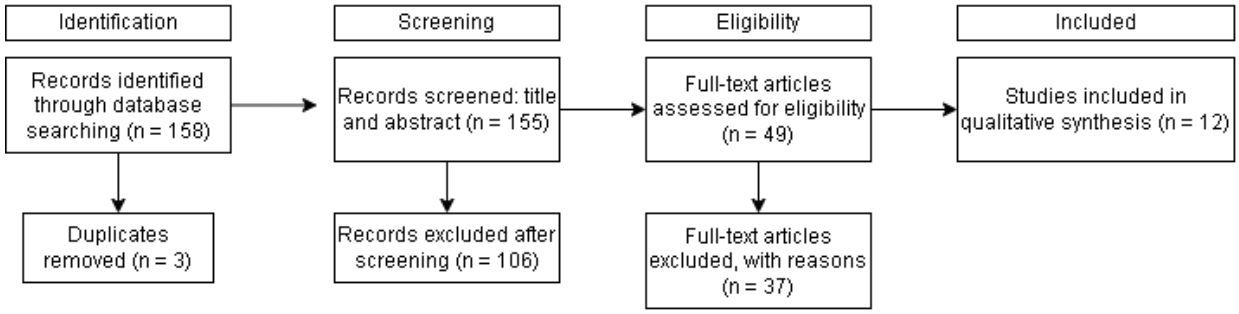
Pertanyaan penelitian disusun berdasarkan kebutuhan topik tersebut, yakni: 1) Bagaimana kedalaman konsep matematika (*mathematical rigor*) diintegrasikan dan diposisikan dalam aktivitas proyek STEM pada literatur pendidikan saat ini? 2) Apa saja tantangan pedagogis yang dilaporkan oleh peneliti dan guru dalam mempertahankan integritas matematika selama pembelajaran STEM berlangsung? serta 3) Kerangka kerja (*framework*) atau strategi desain tugas seperti apa yang direkomendasikan dalam literatur untuk mencegah marginalisasi matematika dalam pendidikan STEM?

2.2. Proses Pencarian dan Penyaringan

Pencarian menyeluruh dilakukan pada basis data bereputasi internasional, yakni Scopus, untuk mengidentifikasi literatur primer yang relevan. Meskipun pembatasan pada satu basis data menjadi keterbatasan tersendiri, Scopus dipilih karena jaminan kualitas penelaahan sejawat (*peer-review*) yang ketat pada disiplin pendidikan. Pencarian dilakukan melalui perangkat lunak Harzing's Publish or Perish pada pertengahan tahun 2026, berfokus pada rentang publikasi 10 tahun (2016–2026). Rentang ini ditetapkan guna menangkap diskursus metodologis terbaru mengenai pendidikan STEM.

Pencarian literatur dibangun menggunakan kombinasi operator *Boolean* (AND, OR) yang dibagi ke dalam tiga lapis kata kunci (*string* pencarian): (K1) *"mathematics education" OR "mathematical rigor" OR "mathematical modeling"*; (K2) *"integrated STEM" OR "STEM education" OR "computational thinking"*; (K3) *"task design" OR "pedagogical challenges" OR "pedagogy"*. Seluruh rekam jejak penyaringan literatur yang transparan divisualisasikan secara lengkap pada Diagram Alir PRISMA (Gambar 1).

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0



Gambar 1. Diagram Alir PRISMA untuk *Systematic Literature Review*

Proses penyaringan awal dan penghapusan duplikasi dikelola menggunakan *Mendeley Reference Manager*. Dari identifikasi awal, ditemukan 158 artikel dari *database* Scopus. Setelah 3 artikel dihapus karena duplikasi, tersisa 155 artikel unik. Pada tahap *screening* pertama (judul dan abstrak), sebanyak 106 artikel dieliminasi karena topik yang menyimpang. Pada tahap *eligibility* (uji kelayakan), peninjauan teks penuh (*full-text*) dilakukan terhadap 49 artikel. Evaluasi mendalam pada tahap ini mengakibatkan pengeksklusian 37 artikel dengan rincian alasan utama: metodologi kuantitatif murni tanpa analisis proses pedagogis (14 artikel), artikel sekunder/kajian literatur murni (10 artikel), matematika diposisikan hanya sebagai alat hitung dangkal tanpa intervensi (8 artikel), dan prosiding atau bahasa di luar Inggris/Indonesia (5 artikel). Evaluasi kualitas pada tahap ini dikonfirmasi secara mandiri oleh peneliti untuk meminimalisasi bias. Pada akhirnya, tersisa 12 studi primer kualitatif yang valid untuk diekstraksi.

2.3. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Pemilihan artikel dikendalikan secara ketat melalui kriteria inklusi dan eksklusi yang disajikan pada Tabel 2 untuk memastikan relevansi dan validitas metodologis.

Tabel 2. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Inklusi	Eksklusi
1) Diterbitkan antara tahun 2016-2026; 2) Berupa artikel jurnal akademik *peer-reviewed*; 3) Fokus membahas integrasi konsep dan penalaran matematika substantif di dalam proyek STEM; dan 4) Menggunakan metodologi kualitatif, mixed-methods, atau design-based	1) Artikel yang hanya menjadikan matematika sebagai alat hitung prosedural tingkat dasar tanpa pendalaman atau tanpa intervensi pedagogis; 2) Penelitian kuantitatif murni (hanya berisi pra-pasca tes) tanpa analisis *how* (bagaimana) proses pembelajaran terjadi; dan

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

research yang membedah analisis proses pedagogis.	3) Artikel berupa tinjauan literatur (review), prosiding konferensi mentah, bab buku, atau tesis yang belum dipublikasikan sebagai jurnal penuh.

2.4. Penilaian Kualitas (*Quality Assessment* / QA)

Untuk memvalidasi kualitas artikel terpilih, beberapa pertanyaan telah dikembangkan sebagai pedoman evaluasi. Tahap ini krusial untuk memastikan bahwa hanya artikel yang relevan, valid, dan berbobot yang diekstraksi datanya. Data dievaluasi berdasarkan kriteria pertanyaan berikut:

QA1: Apakah artikel dipublikasikan dalam 10 tahun terakhir (2016-2026) di Scopus?

QA2: Apakah artikel secara spesifik membahas kedalaman konsep atau penalaran matematika di dalam proyek STEM?

QA3: Apakah artikel menyinggung desain tugas, kerangka pedagogis, atau strategi pengajaran terkait STEM?

QA4: Apakah ini merupakan riset primer dari jurnal peer-reviewed (bukan literatur sekunder atau prosiding mentah)?

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penyaringan, diekstraksi 12 artikel riset primer yang memenuhi kriteria. Untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai konteks literatur yang dikaji, ringkasan karakteristik dari ke-12 studi tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Ekstraksi Data: Integritas Matematika dalam Pendidikan STEM

Penulis (Tahun)	Temuan RQ1: Kedalaman & Peran Matematika	Temuan RQ2: Tantangan Pedagogis (Guru/Siswa)	Temuan RQ3: Strategi Desain Tugas
Bergsten & Frejd (2019)	Reduksionis. Matematika direduksi menjadi "subjek layanan" untuk perhitungan pemodelan sains.	Instruksi guru terlalu prosedural (*strong framing*); batas disiplin ilmu mengabur; koding dirasa dipaksakan.	Integrasi konteks fisika; pedagogi berbasis alat (Python/micro:bit); inkuiri kelompok.
Forde et al. (2023)	Reduksionis. 70% tugas memposisikan	Bias pendidik sains yang	Tantangan desain rekayasa (membuat

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Penulis (Tahun)	Temuan RQ1: Kedalaman & Peran Matematika	Temuan RQ2: Tantangan Pedagogis (Guru/Siswa)	Temuan RQ3: Strategi Desain Tugas
	matematika sekadar alat ukur/hitung prosedural tingkat rendah.	mengasumsikan matematika dasar sudah dikuasai; gagal merancang tugas kognitif tinggi.	purwarupa) berbasis analisis data.
Just & Siller (2022)	Reduksionis. Matematika bersembunyi di bawah aktivitas algoritmik operasional; literasi matematika bahkan terancam menurun.	Bias pendidik yang memandang matematika murni sebagai alat pemecahan masalah sains.	Pembelajaran Berbasis Proyek (PBL) dengan integrasi tingkat menengah.
Nakakoji & Wilson (2020)	Reduksionis. Alat kalkulasi prosedural. Siswa menghindari analitis matematis dan beralih ke intuisi fisika.	Silo antar disiplin ilmu; kelemahan translasi bahasa ke matematika; kecemasan matematika; mahasiswa lupa konsep lama.	Soal ujian otentik fisika yang menuntut transfer ilmu "layanan matematika".
Yulianto & Juniawan (2025)	Mendalam. Penalaran analitis/kreatif (kefasihan, fleksibilitas, orisinalitas, elaborasi) berbasis probabilitas & statistik.	Guru mengajar secara silo dan bergantung buku teks; infrastruktur dan literasi digital siswa rendah.	Ruang Belajar Digital STEM (DLS) terintegrasi PBL 6 fase; modul simulasi offline dan etnomatematika.
Leung (2019)	Mendalam. Pemodelan	Guru terbentur kontingensi	Pemodelan inkuiri (5E BSCS + Pólya);

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Penulis (Tahun)	Temuan RQ1: Kedalaman & Peran Matematika	Temuan RQ2: Tantangan Pedagogis (Guru/Siswa)	Temuan RQ3: Strategi Desain Tugas
	proporsional dan konseptual tingkat tinggi dari benda fisik ke konsep abstrak.	(keputusan spontan); siswa terhambat ambiguitas dan galat pemodelan fisik.	instruksi minimal di lingkungan laboratorium dengan pembatasan alat ukur.
Kertil & Gurel (2016)	Mendalam. Pemodelan dan penalaran logis untuk mematematikakan situasi kehidupan nyata (trigonometri/kecepatan)	Kurangnya pengetahuan guru tentang pemodelan & teknologi; kendala integrasi proyek skala besar ke kurikulum reguler.	*Model-eliciting activities* (MEAs); STEM PBL berskala kecil (1-2 jam pelajaran).
Benton et al. (2018)	Mendalam. Struktur konsep (nilai tempat, *algoritma carrying*) diterjemahkan langsung ke bahasa program.	Kegagalan *failsoft* (tidak ada error tapi logika salah); strategi jalan buntu siswa (*mathematical dead-ends*).	Pembelajaran sintonik (bermain peran); mediasi guru dengan *hugging* (mirip kelas tradisional) dan *bridging*.
Cui & Ng (2021)	Mendalam. Abstraksi matematika (bilangan prima, fungsi kondisional/rekursif) ke algoritma pemrograman.	Benturan konsep variabel matematika vs komputasional; kegagalan siswa menyusun sekuens, loop, dan debugging.	PBL terbuka melalui pembuatan artefak digital bersistem open-source (Arduino).
DeJarnette (2019)	Mendalam. Pemodelan grafis dan tabular dinamis secara real-time	Beban ganda guru mengajarkan 2 bahasa teknis; miskonsepsi siswa	Pemrograman visual Scratch dipadukan aktivitas nirkabel (CS *Unplugged*).

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Penulis (Tahun)	Temuan RQ1: Kedalaman & Peran Matematika	Temuan RQ2: Tantangan Pedagogis (Guru/Siswa)	Temuan RQ3: Strategi Desain Tugas
	(jarak, kecepatan, sistem koordinat).	pada sintaksis dan inisialisasi variabel.	
Lockwood & De Chenne (2020)	Mendalam. Penalaran kondisional untuk memvalidasi rumus kombinatorik dan komputasi *nested loops*.	Kebingungan konseptual (kombinasi vs permutasi); inefisiensi penerjemahan rumus matematika tertutup ke logika koding.	Eksperimen Python agar siswa mengaitkan "proses hitung" matematika dengan luaran umpan balik instan.
Cui et al. (2023)	Mendalam. Ko-perkembangan (*co-development*) konsep (peluang, geometri, deret) bersama pemikiran komputasional.	Kesulitan mengekstrak aturan matematika dari masalah; kesalahan teknis dalam merancang sampel data uji.	PBL dunia nyata terbuka dengan umpan balik instan dan otonomi manipulasi parameter secara visual.

Berdasarkan ekstraksi data primer di atas, temuan-temuan tersebut disintesis ke dalam tiga subbab pembahasan berikut yang menjawab rumusan masalah secara kualitatif.

3.1. Kedalaman dan Peran Matematika dalam STEM

Kajian terhadap 12 studi primer mengungkap adanya dikotomi yang tajam mengenai kedudukan matematika dalam pendidikan STEM. Pada sebagian literatur, matematika mengalami marginalisasi ekstrem dan direduksi menjadi sekadar disiplin ilmu pelayan (*service subject*). Bergsten & Frejd (2019), Forde et al. (2023), Just & Siller (2022) , dan Nakakoji & Wilson (2020) secara konsisten melaporkan bahwa mayoritas aktivitas STEM memposisikan matematika semata-mata sebagai instrumen kalkulasi prosedural tingkat rendah. Dalam proyek desain rekayasa (misalnya membuat rumah kaca atau roket fisik), siswa sekadar mempraktikkan keterampilan menghitung luas, menimbang, atau memasukkan angka ke dalam rumus fisika yang sudah jadi. Hal ini menyebabkan konsep dasar matematika tersembunyi (*hidden underneath*), yang pada beberapa

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

kasus bahkan memicu penurunan literasi matematika siswa secara nyata (Just & Siller, 2022).

Sebaliknya, literatur yang menggunakan intervensi pemrograman (*coding*) dan perangkat IoT (seperti studi Benton et al., 2018; Cui & Ng, 2021; DeJarnette, 2019; Yulianto & Juniawan, 2025) berhasil membalikkan kondisi tersebut. Dalam lingkungan berbasis komputasional, peran matematika diangkat pada level yang sangat mendalam sebagai fondasi pemodelan dan penalaran analitis. Melalui platform seperti Scratch atau Python, siswa dipaksa memecah konsep abstrak (seperti algoritma bilangan prima, peluang, dan kombinatorik) menjadi serangkaian logika kondisional (*if/then*) dan pengulangan matematis. Matematika tidak lagi bertindak sebagai alat ukur pasif, melainkan berkembang secara berdampingan (*co-development*) dengan pemikiran komputasional (Cui et al., 2023), yang secara langsung mengembangkan keempat dimensi pemikiran analitis: kefasihan, fleksibilitas, orisinalitas, dan elaborasi.

3.2. Tantangan Pedagogis Guru dan Siswa

Upaya untuk mempertahankan integritas matematika memunculkan tantangan pedagogis di dua level: guru dan siswa. Di level guru, tantangan terbesar adalah bias kepakaran dan pengajaran tersilo. Guru sains sering mengasumsikan siswa telah menguasai konsep matematika dasar dari semester sebelumnya, sehingga mengabaikan penguatan konsep matematika dalam proyek STEM (Nakakoji & Wilson, 2020) . Selain itu, ketika guru matematika berupaya mengintegrasikan teknologi, mereka sering dihadapkan pada situasi kontingensi seperti membuat keputusan pedagogis secara spontan atas logika siswa yang tidak terduga (Leung, 2019), serta harus memikul beban ganda untuk mengajarkan dua bahasa teknis sekaligus, yakni bahasa matematis dan sintaksis pemrograman (DeJarnette, 2019).

Di level siswa, tantangan kognitif tidak kalah rumit. Saat beralih dari buku teks tertutup ke desain proyek yang terbuka (*ill-structured*), siswa kerap mengalami kebuntuan matematis (*mathematical dead-ends*). Benton et al. (2018) dan Cui & Ng (2021) menyoroti fenomena kegagalan *failsoft*, di mana siswa menciptakan jalan pintas visual untuk menyelesaikan proyek tanpa menyentuh struktur logika matematikanya sama sekali. Siswa juga mengalami miskonsepsi serius, di mana terjadi benturan definisi variabel matematika (sebagai entitas statis) dengan variabel komputasional (wadah data dinamis). Mereka cenderung menghindari penalaran analitis yang dalam dan

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

lebih memilih pendekatan coba-coba (*trial-and-error*) secara buta (Lockwood & De Chenne, 2020).

3.3. Strategi Desain Tugas untuk Mencegah Marginalisasi Matematika

Untuk menjawab tantangan marginalisasi tersebut, literatur mengusulkan beberapa kerangka desain pedagogis yang efektif guna mengembalikan posisi matematika ke pusat (*core*) pembelajaran STEM. Salah satu pendekatan utama yang direkomendasikan adalah penerapan pedagogi berbasis alat dengan lingkungan terbatas atau instruksi minimal (*minimalist instruction*). Alih-alih memberikan instruksi terarah (*strong framing*) yang terlalu prosedural, desain tugas yang secara sengaja membatasi keleluasaan siswa terhadap ketersediaan alat ukur justru terbukti mampu memaksa mereka melakukan abstraksi dan membangun pemodelan matematika secara mandiri (Leung, 2019).

Selain itu, pembentukan lingkungan belajar sintonik yang terintegrasi dengan pemberian umpan balik instan juga terbukti sangat esensial. Melalui pemanfaatan platform komputasional atau pemrograman visual, siswa mendapatkan umpan balik secara real-time di mana setiap kekeliruan pada rumus matematika atau logika kombinasional akan langsung mengakibatkan kerusakan pada artefak digital yang sedang mereka bangun. Kondisi interaktif ini secara alami menumbuhkan iklim kegagalan produktif (*productive failure*), sehingga proses perbaikan sistem (*debugging*) yang dilakukan siswa pada hakikatnya menjadi sarana refleksi penalaran matematis yang mendalam (Benton et al., 2018; Lockwood & De Chenne, 2020).

Dari segi skala manajemen kelas, literatur menyarankan agar guru menghindari proyek raksasa multidisiplin yang sering kali memburamkan batas kompetensi. Sebaliknya, pendekatan yang dinilai lebih ideal adalah penerapan *Model-Eliciting Activities* (MEAs) dan Pembelajaran Berbasis Proyek (PBL) STEM berskala kecil yang dapat diselesaikan dalam 1-2 jam pelajaran. Strategi operasional berskala kecil ini dapat diperkuat melalui teknik hugging, yakni mempertahankan penggunaan instruksi atau kosa kata yang menyerupai matematika tradisional, serta *bridging* untuk memfasilitasi generalisasi ke permasalahan dunia nyata yang dikontekskan pada etnomatematika maupun isu lokal siswa (Kertil & Gurel, 2016; Yulianto & Juniawan, 2025).

4. SIMPULAN

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Penelitian *Systematic Literature Review* (SLR) ini mengungkap realitas yang kompleks mengenai peran dan posisi matematika di dalam pendidikan STEM. Menjawab rumusan masalah pertama (RQ1) terkait kedalaman konsep, literatur menunjukkan adanya variasi kedudukan matematika; pendekatan rekayasa fisik konvensional cenderung memarginalkan matematika sekadar sebagai alat hitung prosedural, sementara intervensi inkuiri terstruktur maupun lingkungan komputasional (pemrograman) mampu mengangkat matematika sebagai fondasi penalaran analitis dan abstraksi. Terkait tantangan pedagogis (RQ2), studi ini mengidentifikasi kendala pada guru berupa bias kepakaran yang memicu pengajaran tersilo serta beban ganda dalam mengajarkan dua bahasa teknis (matematika dan koding). Di sisi lain, siswa rentan mengalami miskonsepsi dan kebuntuan matematis akibat ambiguitas tugas terbuka. Untuk mencegah marginalisasi tersebut (RQ3), literatur merekomendasikan penerapan pedagogi berbasis alat dengan instruksi minimal (*minimalist instruction*) dan pemanfaatan umpan balik sintonik yang memfasilitasi kegagalan produktif.

Secara teoretis, studi ini memperluas kerangka pemahaman mengenai integrasi STEM dengan menegaskan bahwa pemanfaatan teknologi tidak secara otomatis meningkatkan ketajaman matematis (*mathematical rigor*) tanpa adanya struktur pedagogis yang mengisolasi variabel matematika secara spesifik. Secara praktis, temuan ini mengimplikasikan perlunya pergeseran paradigma bagi pendidik dari pelaksanaan proyek raksasa multidisiplin menuju implementasi *Model-Eliciting Activities* (MEAs). Langkah operasional yang dapat diambil oleh guru adalah merancang aktivitas proyek berskala kecil (berdurasi 1-2 jam pelajaran) yang memanfaatkan teknik hugging, di mana kosa kata serta fokus instruksi matematika tetap dipertahankan secara dominan saat siswa menyelesaikan permasalahan rekayasa atau komputasional.

Mengingat tinjauan ini dibatasi secara eksklusif pada penelusuran literatur kualitatif berbahasa Inggris dan Indonesia dari basis data tunggal Scopus, generalisasi terhadap temuan harus diinterpretasikan secara hati-hati. Penelitian selanjutnya sangat disarankan untuk melakukan tinjauan atau meta-analisis yang melibatkan basis data akademik lain seperti *Web of Science* (WoS) atau ERIC. Selain itu, penelitian eksperimental secara longitudinal di masa depan sangat diperlukan untuk menguji dampak langsung dari desain operasional MEAs tersebut terhadap ketahanan literasi matematika siswa di lingkungan kelas yang sesungguhnya.

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Referensi

Akmal Fauziah, A., Kariadinata, R., & Sugilar, H. (2026). Development of interactive STREAM-based mathematics teaching materials for the topic of ratio using Lumio. *Journal Focus Action of Research Mathematic (Factor M)*, 9(1), 95–110. https://doi.org/10.30762/f_m.v9i1.6613

Amalina, I. K., & Vidákovich, T. (2022). An Integrated STEM-Based Mathematical Problem-Solving Test: Developing and Reporting Psychometric Evidence. *Journal on Mathematics Education*, *13*(4), 587–604. https://doi.org/10.22342/jme.v13i4.pp587-604

Ashique, S. M. M. R. (2026). Exploring Integrated STEM Education as A Pathway Toward Achieving Sustainable Development Goal 4 Through Stakeholder Perspectives. *Discover Education*, *5*(1), 918. https://doi.org/10.1007/s44217-026-01646-z

Benton, L., Saunders, P., Kalas, I., Hoyles, C., & Noss, R. (2018). Designing for Learning Mathematics Through Programming: A Case Study of Pupils Engaging with Place Value. *International Journal of Child-Computer Interaction*, *16*, 68–76. https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2017.12.004

Bergsten, C., & Frejd, P. (2019). Preparing Pre-Service Mathematics Teachers for STEM Education: An Analysis ff Lesson Proposals. *ZDM*, *51*(6), 941–953. https://doi.org/10.1007/s11858-019-01071-7

Carrera-Rivera, A., Ochoa, W., Larrinaga, F., & Lasa, G. (2022). How-To Conduct A Systematic Literature Review: A Quick Guide for Computer Science Research. *MethodsX*, *9*, 101895. https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101895

Cui, Z., & Ng, O.-L. (2021). The Interplay Between Mathematical and Computational Thinking In Primary School Students' Mathematical Problem-Solving Within A Programming Environment. *Journal of Educational Computing Research*, *59*(5), 988–1012. https://doi.org/10.1177/0735633120979930

Cui, Z., Ng, O., & Jong, M. S. (2023). Integration of Computational Thinking With Mathematical Problem-Based Learning Integration of Computational Thinking With Mathematical Problem-Based Learning: Insights On Affordances For Learning. *Integration of Computational Thinking With Mathematical Problem-Based Learning: Insights On Affordances For Learning. Educational Technology & Society*, *26*(2), 131–146. https://doi.org/10.2307/48721001

DeJarnette, A. F. (2019). Students' Challenges with Symbols and Diagrams When Using A Programming Environment In Mathematics. *Digital Experiences in Mathematics Education*, *5*(1), 36–58. https://doi.org/10.1007/s40751-018-0044-5

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Duma, S. Y., Muslimin, Modjo, A. S., & Walid, A. (2024). The Role of Mathematics Education In Developing Critical Thingking Skill In The Industrial Era 5.0. *Aksioma Education Journal*, *1*(4), 1–10. https://doi.org/10.62872/rca4py44

Forde, E. N., Robinson, L., Ellis, J. A., & Dare, E. A. (2023). Investigating the Presence of Mathematics And The Levels of Cognitively Demanding Mathematical Tasks In Integrated STEM Units. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, *5*(1), 3. https://doi.org/10.1186/s43031-022-00070-1

Goos, M., Carreira, S., & Namukasa, I. K. (2023). Mathematics and Interdisciplinary STEM Education: Recent Developments and Future Directions. *ZDM – Mathematics Education*, *55*(7), 1199–1217. https://doi.org/10.1007/s11858-023-01533-z

Hasan, A. F., Kariadinata, R., Nuraida, I., & Laksmiwati, P. A. (2023). The effect of STEM learning on students' mathematical creativity. *Issues in Mathematical Thinking (IM Thinking),* 1(1). Retrieved from https://journal.aws-edu.id/index.php/IM-Thinking/article/view/8

Just, J., & Siller, H.-S. (2022). The Role of Mathematics in STEM Secondary Classrooms: A Systematic Literature Review. *Education Sciences*, *12*(9), 629. https://doi.org/10.3390/educsci12090629

Kertil, M., & Gurel, C. (2016). Mathematical Modeling: A Bridge to STEM Education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, *4*(1), 44. https://doi.org/10.18404/ijemst.95761

Leniawati, R., & Sugilar, H. (2026). Peran Model Pembelajaran Problem Based Learning (PBL) Berbasis STEM Terhadap Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis. *Mathematics Education on Research Publication (MERP IV)*, (pp. 73-88). https://doi.org/10.15575/gdcs.v64i4.3371

Leung, A. (2019). Exploring STEM Pedagogy in the Mathematics Classroom: a Tool-Based Experiment Lesson on Estimation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *17*(7), 1339–1358. https://doi.org/10.1007/s10763-018-9924-9

Li, S., Qi, C., & Li, R. (2025). The Conceptualization of Mathematics Teachers' Professional Competence in Project-Based Learning Contexts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *21*(7), em2660. https://doi.org/10.29333/ejmste/16562

Lockwood, E., & De Chenne, A. (2020). Enriching Students' Combinatorial Reasoning through the Use of Loops and Conditional Statements in Python. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, *6*(3), 303–346. https://doi.org/10.1007/s40753-019-00108-2

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0

Nakakoji, Y., & Wilson, R. (2020). Interdisciplinary Learning in Mathematics and Science: Transfer of Learning for 21st Century Problem Solving at University. *Journal of Intelligence*, *8*(3), 32. https://doi.org/10.3390/jintelligence8030032

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Rahayu, Y. N., Kariadinata, R., Fariansyah, Z., Yaniawati, R. P., & Sugilar, H. (2018). Development of Instructional Multimedia for Mathematics Based on Adobe Flash and Wondershare Quiz Creator. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *434*, 012266. https://doi.org/10.1088/1757-899X/434/1/012266

Saba, C. S. (2024). *Systematic Literature Review*.

Sari, Y. M., Fiangga, S., El Milla, Y. I., Roqobih, F. D., Rosyidi, A. H., & Shahrill, M. (2026). Preservice Mathematics Teacher Experiences and Insights into Integrated STEM Assessment Design Challenges. *Discover Education*, *5*(1), 958. https://doi.org/10.1007/s44217-026-02007-6

Sufriadi, D., Nay, F. A., & Ghazanfar, S. (2025). Development of a Real-World Problem-Based Mathematics Module to Enhance Mathematical Modeling Skills. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *2*(1), 28–36. https://doi.org/10.62951/ijsme.v2i1.260

Susilawati, Wati & Karyadinata, Rahayu & Sugilar, Hamdan. (2019). Cognitive conflict strategy to the improvement of students'lateral mathematical thinking ability. Journal of Physics: Conference Series. 10.1088/1742-6596/1175/1/012174

Tytler, R., Anderson, J., & Williams, G. (2023). Exploring A Framework for Integrated STEM: Challenges and Benefits For Promoting Engagement In Learning Mathematics. *ZDM – Mathematics Education*, *55*(7), 1299–1313. https://doi.org/10.1007/s11858-023-01519-x

Ukkonen, A., Pajchel, K., & Mifsud, L. (2025). Teachers' Understanding of Assessing Computational Thinking. *Computer Science Education*, *35*(4), 794–819. https://doi.org/10.1080/08993408.2024.2365566

Yulianto, D., & Juniawan, E. A. (2025). Fostering Mathematical Creativity and Autonomy Through A STEM-Based Digital Learning Space. *Journal on Mathematics Education*, *16*(3), 1093–1118. https://doi.org/10.22342/jme.v16i3.pp1093-1118

Copyright © 2026 The Authors. Published by Gunung Djati Conference Series This is an open access article distributed under the CC BY 4.0 license - https://creativecommons.org/licenses/by/4.0