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

Implementasi STEM-Flipped Learning dalam Pembelajaran Matematika SMA: Systematic Literature Review

Meyna Nuraini[1,*], T. Tutut Widiastuti A.[2]

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

[2]*Program Studi Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Yogyakarta*
Jl.Colombo No. 1, Yogyakarta, Indonesia

**E-mail: nurainimeyna@gmail.com*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan memetakan literatur tentang implementasi STEM-Flipped Learning dalam pembelajaran matematika SMA, meliputi bentuk implementasi, hasil pembelajaran, tantangan, dan kesenjangan penelitian. Kajian ini merupakan Systematic Literature Review (SLR) dengan pedoman PRISMA 2020. Pencarian dilakukan melalui Publish or Perish dengan sumber Crossref menggunakan kata kunci "STEM Integrated Flipped" untuk rentang 2021–2026 dan diakses pada 10 Oktober 2026. Hasil pencarian menghasilkan 200 rekaman yang disaring berdasarkan kriteria inklusi menjadi 12 artikel. Enam studi memadukan STEM dengan flipped learning, enam studi hanya membahas flipped learning, dan tiga studi spesifik SMA. Tujuh studi empiris melaporkan dampak positif pada berpikir kreatif dan kritis, self-regulated learning, penalaran, dan pemahaman konseptual. Tantangan utama meliputi kesiapan teknologi, self-regulation siswa, dukungan institusi, kualitas desain konten, dan akses yang setara. Simpulannya, bukti awal sudah ada tetapi masih terbatas dan beragam. Studi eksperimental STEM-Flipped pada matematika SMA yang berdurasi lebih panjang dan melaporkan ukuran efek masih diperlukan.

Kata kunci: Flipped Learning, kajian literatur sistematis, matematika SMA, STEM

Abstract

This study aims to map the literature on STEM-Flipped Learning implementation in senior high school mathematics, covering implementation forms, learning outcomes, challenges, and research gaps. It is a Systematic Literature Review (SLR) following PRISMA 2020. Searches were conducted through Publish or Perish using Crossref with the keyword "STEM Integrated Flipped" for 2021–2026, accessed on 10 October 2026. The search yielded 200 records screened using inclusion criteria, resulting in 12 articles. Six studies combined STEM with flipped learning, six addressed flipped learning only, and three specifically targeted senior high school. Seven empirical studies reported positive effects on creative and critical thinking, self-regulated learning, reasoning, and conceptual understanding. Key challenges include technological readiness, student self-regulation, institutional support, content design quality, and equitable access. In conclusion, initial evidence is promising but still limited and heterogeneous. Longer experimental STEM-Flipped studies in senior high school mathematics that report effect sizes are still needed.

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

Keywords: Flipped Learning, senior high school mathematics, STEM, Systematic Literature Review

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran matematika di SMA menuntut siswa tidak hanya mampu berhitung, tetapi juga memahami konsep abstrak, bernalar, memodelkan situasi nyata, dan menghubungkan matematika dengan bidang lain. Kebutuhan ini terlihat dari hasil PISA 2025: skor matematika siswa Indonesia 364, di bawah rata-rata OECD 463, dan turun dua poin dari PISA 2022 tanpa perubahan yang signifikan secara statistik (OECD, 2026). Sebagai gambaran, Nasution, Yuanita, dan Hutapea (2025) menemukan bahwa rendahnya penalaran matematis siswa Fase E pada materi fungsi eksponensial berkaitan dengan pembelajaran yang jarang melatih soal penalaran, minimnya latihan, dan miskonsepsi sejak awal.

Pendekatan STEM menawarkan integrasi lintas disiplin dan pemecahan masalah autentik. Bybee (2013) menekankan tujuan literasi STEM, yaitu pengetahuan, sikap, dan keterampilan untuk menjelaskan isu terkait STEM. Kelley dan Knowles (2016) memaknai pendidikan STEM terintegrasi sebagai penerapan konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika dalam konteks masalah nyata. Dalam kerangka ini, matematika berperan sebagai alat pemodelan dan penalaran. Di Indonesia, Kurniawan, Sugiman, dan Hamdi (2026) menelaah pemahaman, tantangan, dan faktor pendukung pembelajaran matematika berbasis STEM di SMA dari sisi guru.

Di sisi lain, flipped learning memanfaatkan waktu tatap muka secara berbeda. Ceramah dipindahkan ke video atau bahan belajar mandiri di luar kelas, sedangkan waktu kelas digunakan untuk aktivitas pemecahan masalah dan diskusi kelompok (Bishop & Verleger, 2013). Inayah dkk. (2023) melaporkan bahwa flipped classroom umumnya berdampak positif pada hasil belajar matematika, tetapi desainnya masih beragam dan kerangka teoretisnya sering tidak dijelaskan. Hambatan seperti keterbatasan kompetensi digital dan kesiapan belajar mandiri juga masih relevan di Indonesia (Kurniawan dkk., 2026).

Kajian ini menggunakan tiga landasan. Pertama, STEM terintegrasi memosisikan matematika sebagai bahasa dan alat penghubung antardisiplin dalam pemecahan masalah autentik (Bybee, 2013; Kelley & Knowles, 2016). Kedua, flipped learning dipahami melalui empat pilar F-L-I-P: Flexible environment, Learning culture, Intentional content, dan Professional educator (Flipped Learning Network, 2014). Ketiga, self-regulated learning (SRL) memandang belajar sebagai siklus perencanaan, pemantauan, dan refleksi diri (Zimmerman, 2002), sedangkan konstruktivisme sosial menekankan pembentukan pengetahuan melalui interaksi dan bantuan terstruktur (Vygotsky, 1978).

Dari ketiga landasan itu, kajian ini memakai lensa sederhana: pra-kelas, di kelas, dan pasca-kelas. Pra-kelas dipakai untuk menyiapkan materi secara mandiri. Di kelas, waktu dipakai untuk aktivitas STEM, pemecahan masalah autentik, pemodelan matematis, dan perancangan solusi. Pasca-kelas dipakai untuk refleksi dan evaluasi diri. Lensa ini bukan

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

model baku dan belum diuji sebagai model utuh dalam korpus kajian ini. Lensa ini hanya dipakai untuk membaca temuan.

Bukti tentang STEM-Flipped Learning pada matematika SMA belum dirangkum. Memang ada SLR yang beririsan, yaitu Rahmawati dkk. (2025) tentang flipped learning terintegrasi etnomatematika dan STEM, serta Inayah dkk. (2023) tentang flipped classroom pada matematika. Keduanya belum memfokuskan jenjang SMA dan tidak dilengkapi peta bibliometrik. Kajian ini mengisi celah tersebut. Pencarian awal dalam kajian ini menunjukkan bahwa studi yang memadukan STEM dan flipped learning pada matematika SMA relatif sedikit, tetapi indikasi ini perlu dikonfirmasi melalui pencarian yang lebih luas.

Berdasarkan latar belakang tersebut, kajian ini bertujuan memetakan literatur implementasi STEM-Flipped Learning dalam pembelajaran matematika SMA. Secara khusus, kajian ini menelaah: (1) bentuk dan strategi implementasi yang dilaporkan literatur; (2) hasil pembelajaran yang diukur dan temuannya; (3) tantangan dan faktor pendukung implementasi; serta (4) kesenjangan penelitian untuk agenda berikutnya. Secara teoretis, kajian ini menyajikan sintesis dan lensa pra-kelas, di kelas, dan pasca-kelas yang menghubungkan STEM, flipped learning, dan SRL. Secara praktis, kajian ini memberi guru dan sekolah gambaran tentang strategi, prasyarat, dan risiko implementasi, serta memberi peneliti peta kesenjangan.

2. METODE PENELITIAN

Kajian ini adalah SLR yang mengikuti PRISMA 2020 (Page dkk., 2021) dan prosedur umum SLR (Kitchenham & Charters, 2007). PRISMA 2020 memiliki empat fase pelaporan, yaitu identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi. Dalam kajian ini, fase tersebut dirinci menjadi enam langkah operasional. Sintesis dilakukan secara naratif-tematik, bukan meta-analisis.

Pertanyaan penelitian disusun dengan kerangka PICOC: Population = siswa SMA atau pendidikan menengah atas; Intervention = STEM yang dipadukan dengan flipped learning; Comparison = pembelajaran konvensional atau tanpa integrasi bila ada; Outcome = hasil kognitif dan afektif serta tantangan; Context = pembelajaran matematika. Protokol kajian tidak diregistrasi, dan hal ini dicatat sebagai keterbatasan.

Pencarian dilakukan melalui Publish or Perish (Harzing, 2007) dengan sumber data Crossref pada 10 Oktober 2026. Kata kunci yang dipakai adalah "STEM Integrated Flipped" untuk rentang 2021–2026. Hasilnya 200 rekaman dengan h-index 8 dan total sitasi 374. Jumlah tepat 200 kemungkinan merupakan batas maksimum pengambilan data, bukan total kecocokan sebenarnya. Karena itu, cakupan pencarian perlu dibaca sebagai terbatas. [lengkapi: pengaturan field dan batas hasil di PoP]. Crossref dipilih karena metadatanya konsisten, dapat diverifikasi melalui DOI, dan dapat diekspor dalam format CSV/RIS. Keterbatasannya, tidak semua jurnal Indonesia terindeks DOI, sehingga literatur Indonesia mungkin kurang terwakili.

Strategi pencarian ini memiliki keterbatasan yang diakui: satu basis data, satu rangkaian kata kunci, dan tanpa istilah mathematics, senior high school, maupun varian lain seperti

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

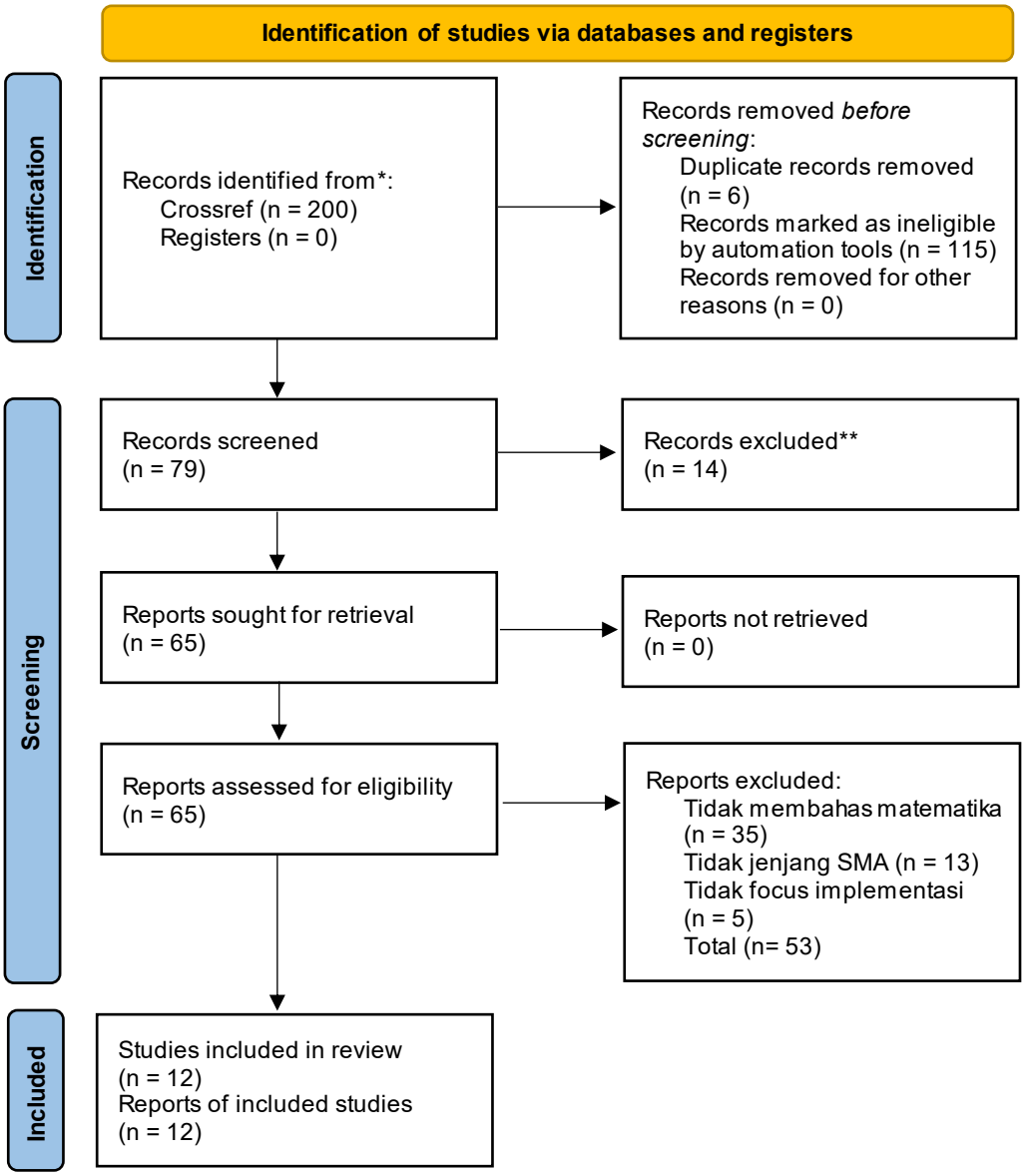
flipped classroom atau STEAM. Sebagai contoh, Ishartono dkk. (2026), yang menerapkan flipped learning berbasis STEAM pada trigonometri, tidak termasuk 12 artikel akhir. Kemungkinan penyebabnya, varian istilah tersebut tidak termuat dalam string pencarian. Pencarian lanjutan yang disarankan adalah: ("STEM" OR "integrated STEM") AND ("flipped classroom" OR "flipped learning") AND ("mathematics") AND ("senior high school" OR "secondary school"), pada Scopus, ERIC, Google Scholar, dan Garuda
Kriteria inklusi: (a) membahas STEM dan/atau flipped learning dalam pembelajaran matematika secara langsung; (b) jenjang SMA/menengah atas atau tidak menyebut jenjang spesifik sehingga relevan sebagai konteks; (c) memuat informasi tentang implementasi, strategi, hasil, atau tantangan; (d) terbit 2021–2026 dengan DOI/URL yang dapat diverifikasi; (e) teks lengkap tersedia. Kriteria eksklusi: duplikat; tidak relevan dengan pertanyaan penelitian; jenjang eksplisit bukan menengah atas; informasi tidak memadai; serta dokumen non-artikel seperti editorial, front/back matter, dan daftar panitia.

Dua dokumen non-jurnal, yaitu makalah prosiding (Panrat & Jehma, 2021) dan bab buku (Egara dkk., 2025), dipertahankan sebagai pengecualian karena relevansi langsungnya dan dianalisis sebagai bukti pendukung. Panrat dan Jehma (2021) juga tidak spesifik matematika karena berfokus pada keterampilan penalaran umum dalam kelas STEM, tetapi dipertahankan karena memadukan flipped learning dan STEM secara langsung. Tiga studi non-empiris, yaitu SLR, integrative review, dan tinjauan konseptual, dipertahankan sebagai bukti kontekstual dan ditandai terpisah pada Tabel 1. Kriteria ditetapkan sebelum penyaringan dan tidak disesuaikan untuk mencapai jumlah tertentu.

Enam langkah operasional: (1) identifikasi 200 rekaman; (2) penghapusan 6 duplikat; (3) penyaringan awal mengeluarkan 115 rekaman non-artikel, sehingga tersisa 79; (4) penyaringan judul/abstrak mengeluarkan 14, tersisa 65; (5) pemeriksaan teks lengkap mengeluarkan 53, terdiri atas bukan matematika 35, bukan jenjang menengah atas 13, dan tidak fokus implementasi 5; (6) 12 artikel dianalisis (Gambar 1). Seleksi dilakukan peneliti utama dan diverifikasi satu penelaah kedua. Perbedaan diselesaikan melalui diskusi. Kesepakatan antar-penelaah tidak dihitung secara statistik, misalnya Cohen's kappa, dan ini merupakan keterbatasan.

Data diekstraksi dengan lembar ekstraksi: penulis dan tahun, konteks, jenjang, tujuan, desain, bentuk implementasi, tahapan dan strategi, materi, teknologi, hasil, serta tantangan. Penilaian kualitas formal belum dilakukan karena desain studi beragam. Instrumen yang direkomendasikan untuk kajian berikutnya adalah MMAT 2018 (Hong dkk., 2018). Pembaca perlu mengingat bahwa kualitas metodologis studi terpilih tidak setara.

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 2020

Sintesis naratif-tematik memakai enam tema: bentuk dan tahapan implementasi; strategi dan teknologi; materi dan konteks; hasil; tantangan dan faktor pendukung; kesenjangan. Studi dibedakan menjadi bukti langsung, yaitu memadukan STEM dan flipped learning, dan bukti tidak langsung, yaitu hanya flipped learning atau flipped learning dengan konteks budaya tanpa komponen STEM. Pemisahan ini dilakukan agar efektivitas integrasi tidak disimpulkan dari studi satu pendekatan saja. Analisis bibliometrik memakai VOSviewer (van Eck & Waltman, 2010) pada metadata 200 rekaman, bukan 12 artikel. Analisis co-occurrence istilah dari judul dan abstrak memakai ambang minimum kemunculan [lengkapi angka], pembersihan sinonim dan duplikasi, serta network visualization. Pemetaan ini hanya melengkapi sintesis, bukan menggantikannya.

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

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Studi Terpilih

Dua belas artikel dianalisis (Tabel 1). Enam studi tergolong bukti langsung (Saleh dkk., 2026; Rahmawati dkk., 2025; Ardiansyah dkk., 2024; Aspridanel dkk., 2022; Setiyawan dkk., 2024; Panrat & Jehma, 2021), dan enam tergolong bukti tidak langsung (Wahyuni dkk., 2026; Ramadhani dkk., 2023; Egara dkk., 2025; Malabayabas dkk., 2025; Swasti dkk., 2022; Co & Mancera, 2026). Ramadhani dkk. (2023) dikategorikan tidak langsung karena membahas flipped classroom berbasis etnomatematika tanpa komponen STEM. Hanya tiga studi spesifik SMA (Ardiansyah dkk., 2024; Setiyawan dkk., 2024; Co & Mancera, 2026). Tiga studi non-empiris adalah Rahmawati dkk. (2025), Ramadhani dkk. (2023), dan Egara dkk. (2025).

Tabel 1. Sintesis Hasil Penelitian

No	Penulis (Tahun)	Tujuan	Metode & Desain	Temuan Utama	Tantangan & Keterbatasan
1.	Saleh, Nopitasari, Bilda, & Fadillah (2026) *	Menguji efektivitas model *Culture-Integrated STEM–Flipped classroom* dalam meningkatkan *Self-regulated learning* (SRL)	Kuasi-eksperimen	Peningkatan signifikan SRL kelompok eksperimen; integrasi nilai budaya dalam STEM-*flipped* memperkuat perencanaan, pemantauan, dan evaluasi diri siswa	Memerlukan adaptasi konteks budaya lokal yang spesifik
2.	Rahmawati, Sugiman, Karyati, Ardianzah, & Supriyanto (2025) *	Menelaah literatur tentang integrasi *Flipped Learning* dengan etnomatematika dan STEM dalam pembelajaran matematika	*Systematic Literature Review*	Model integrasi etnomatematika + STEM + *Flipped Learning* berpotensi membantu siswa memahami matematika secara kontekstual dan bermakna	Literatur yang secara langsung menggabungkan ketiga elemen masih terbatas
3.	Ardiansyah, Waluya, & Dwijanto (2024) *	Menguji apakah model *flipped classroom* dengan pendekatan STEM dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa	Eksperimen dengan *paired sample t-test*	Model *flipped classroom* melalui pendekatan STEM mampu meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa pada materi SPLTV	Fokus pada satu topik matematika spesifik
4.	Aspridanel, Abdurrahman,	Mengetahui persepsi guru tentang strategi	Deskriptif kualitatif	Guru memandang positif implementasi *flipped classroom*	Fokus pada persepsi guru,

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

	Lengkana, & Jalmo (2022) *	*flipped classroom* menggunakan e-modul terintegrasi STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir sistem		berbasis STEM dalam e-modul untuk mengembangkan kemampuan berpikir sistem siswa	bukan hasil belajar siswa
5.	Setiyawan, Agoestanto, & Isnarto (2024) *	Meneliti kemampuan berpikir kritis matematis dan *self-regulated learning* siswa SMA melalui model *flipped classroom* berbasis STEM	Studi kuantitatif	Model *flipped classroom* berbasis STEM meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan SRL siswa SMA	Tidak dijelaskan secara rinci desain intervensi
6.	Wahyuni, Dewi, & Ahyaningsih (2026)	Mendesain dan mengembangkan *Moodle-integrated Flipped classroom* serta mengevaluasi validitas, kepraktisan, dan efektivitasnya	Penelitian pengembangan (*design research*)	*Moodle-integrated Flipped classroom* valid, praktis, dan efektif meningkatkan pemahaman konseptual matematis siswa	Fokus pada pengembangan media, bukan sintesis implementasi
7.	Ramadhani, Syahputra, & Simamora (2023)	Memberikan rekomendasi pengembangan model dan teori untuk optimalisasi pembelajaran fleksibel dan bermakna melalui etnomatematika + *flipped classroom*	*Integrative literature review*	Model *ethno-flipped classroom* direkomendasikan sebagai model pembelajaran matematika berbasis campuran yang menggunakan teknologi dan konteks budaya	Belum ada uji empiris skala besar
8.	Egara, Mosimege, & Mosia (2025)	Mengeksplorasi potensi pendekatan *flipped classroom* untuk meningkatkan pendidikan matematika	tinjauan konseptual	*Flipped classroom* menawarkan pergeseran paradigma dengan membalik urutan instruksi, memberikan manfaat dalam pemahaman konseptual dan pemecahan masalah	Bersifat konseptual, bukan empiris

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

9.	Malabaya bas, Malabaya bas, & Paz (2025)	Menguji efektivitas *flipped classroom* dalam meningkatkan keterampilan manajemen data siswa	Eksperim en (pretest-posttest)	Peningkatan signifikan skor posttest; *flipped classroom* meningkatkan keterlibatan dan performa akademik dalam manajemen data	Sampel kecil dan fokus sempit
10.	Swasti, Budiyanto, & Purnomo (2022)	Meningkatkan pemahaman konsep siswa melalui model *Index Card Match* yang diintegrasikan dengan *flipped classroom*	Penelitia n tindaka n kelas	Model ICMLM + *flipped classroom* meningkatkan pemahaman konsep siswa	Tidak dilaporkan pada ekstraksi
11.	Co & Mancera (2026)	Mengidentifikasi faktor keberhasilan kritis implementasi *flipped classroom* di SMA	Survei	Faktor kritis: akuntabilitas siswa, *self-regulation*, keterlibatan siswa, dukungan institusi, kualitas desain konten, dan akses yang setara	Persepsi guru, bukan hasil belajar siswa
12.	Panrat & Jehma (2021) *	Mengevaluasi keterampilan penalaran siswa melalui desain *Active Learning Flipped STEM Classroom*	Studi evaluatif	*Active learning flipped classroom* yang dikombinasikan dengan STEM mengembangkan keterampilan penalaran: analisis, pemikiran inovatif, dan pengambilan keputusan	Berfokus pada keterampilan penalaran umum, bukan matematika spesifik

Catatan: * = bukti langsung (memadukan STEM dan flipped learning); tanpa tanda = bukti tidak langsung. ICMLM = Index Card Match Learning Model; SPLTV = sistem persamaan linear tiga variabel. Durasi intervensi dan ukuran efek tidak diekstraksi pada kajian ini.

3.2 Bentuk dan Strategi Implementasi (RQ1)

Hasil kajian menunjukkan bahwa implementasi dapat dipetakan ke dalam tiga fase. Pada pra-kelas, siswa mengakses materi secara mandiri melalui e-modul terintegrasi STEM (Aspridanel dkk., 2022) atau LMS Moodle (Wahyuni dkk., 2026). Pada fase di kelas, waktu tatap muka dipakai untuk diskusi dan pemecahan masalah (Wahyuni dkk., 2026; Egara

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

dkk., 2025), pembelajaran aktif berbasis STEM (Panrat & Jehma, 2021), permainan kartu Index Card Match (Swasti dkk., 2022), dan integrasi nilai budaya (Saleh dkk., 2026). Pada fase pasca-kelas, kegiatan refleksi hampir tidak dilaporkan secara rinci. Selain itu, rincian aktivitas STEM di kelas tidak selalu dijelaskan. Setiyawan dkk. (2024), misalnya, tidak menguraikan desain intervensi secara rinci, dan Ardiansyah dkk. (2024) berfokus pada satu topik, yaitu sistem persamaan linear tiga variabel.

Temuan ini menunjukkan bahwa bagian yang paling banyak dilaporkan adalah pra-kelas dan aktivitas di kelas, sedangkan pasca-kelas justru jarang dijelaskan. Padahal, pasca-kelas adalah bagian yang penting untuk menutup siklus belajar mandiri, terutama refleksi dan evaluasi diri. Ketiadaan laporan pada fase ini membuat pembaca sulit menilai apakah siswa benar-benar dibantu merefleksikan hasil belajarnya atau tidak. Lensa pra-kelas, di kelas, dan pasca-kelas karena itu lebih tepat dipakai sebagai alat bantu untuk memeriksa kelengkapan laporan, bukan sebagai model yang sudah terbukti.

Dari sisi praktik, guru perlu menetapkan konsep matematika yang ingin dicapai sebelum merancang aktivitas STEM. Tanpa tujuan matematika yang jelas, aktivitas lintas disiplin berisiko hanya menjadi label STEM tanpa isi matematika yang kuat. Guru juga perlu merancang materi pra-kelas yang singkat dan mudah diperiksa pemahamannya, serta menyiapkan kegiatan pasca-kelas yang sederhana, misalnya refleksi singkat atau evaluasi diri. Dengan begitu, ketiga fase tidak berhenti pada kegiatan di kelas saja.

3.3 Hasil Pembelajaran (RQ2)

Tujuh studi empiris melaporkan dampak positif. Dari bukti langsung, Ardiansyah dkk. (2024) melaporkan peningkatan berpikir kreatif matematis pada materi SPLTV. Setiyawan dkk. (2024) melaporkan peningkatan berpikir kritis dan SRL siswa SMA. Saleh dkk. (2026) melaporkan peningkatan SRL pada model STEM-flipped yang berintegrasi budaya. Panrat dan Jehma (2021) melaporkan berkembangnya keterampilan penalaran. Dari bukti tidak langsung, Wahyuni dkk. (2026) dan Swasti dkk. (2022) melaporkan peningkatan pemahaman konseptual, sedangkan Malabayabas dkk. (2025) melaporkan peningkatan keterampilan manajemen data. Namun, ketiga studi terakhir hanya meneliti flipped learning, sehingga tidak dapat dianggap sebagai bukti efektivitas integrasi STEM.

Pola lintas studi menunjukkan bahwa luaran yang paling sering dilaporkan pada bukti langsung adalah kemampuan berpikir tingkat tinggi dan SRL. Pemahaman konseptual lebih sering muncul pada studi flipped saja. Peta bibliometrik pada 200 rekaman juga menunjukkan bahwa istilah mathematics tampak kecil dan berkelompok dengan science dan engineering. Ini mengisyaratkan bahwa literatur STEM-Flipped lebih banyak dibingkai dari sisi pendekatan, bukan dari sisi isi matematika.

Semua studi empiris yang melaporkan luaran memperlihatkan hasil positif. Tidak ada studi dalam korpus yang melaporkan hasil nol atau negatif. Pola ini perlu dibaca hati-hati. Studi dengan hasil tidak signifikan cenderung lebih jarang diterbitkan, pencarian kajian ini terbatas pada satu basis data, dan sebagian studi tidak memakai kelompok pembanding. Ardiansyah dkk. (2024), misalnya, memakai uji t berpasangan, sedangkan Malabayabas dkk. (2025) memakai pra-pasca. Pada desain seperti itu, kenaikan skor tidak dapat

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

dipisahkan dari efek pengulangan tes atau faktor lain. Karena itu, temuan ini lebih tepat dibaca sebagai indikasi potensi, bukan bukti efektivitas yang kuat.

Perbedaan luaran antara bukti langsung dan tidak langsung juga perlu ditafsirkan dengan hati-hati. Perbedaan itu kemungkinan besar mencerminkan perbedaan tujuan dan instrumen studi, bukan perbedaan kemampuan pendekatan. Flipped learning lebih mudah diukur pada pemahaman materi, sedangkan komponen STEM mendorong peneliti memilih instrumen berpikir tingkat tinggi. Di luar korpus, Ishartono dkk. (2026) justru melaporkan bahwa flipped learning berbasis STEAM meningkatkan pemahaman konseptual trigonometri. Temuan itu menunjukkan bahwa pemahaman konseptual juga dapat muncul pada model terintegrasi. Dengan demikian, pola "pemahaman konseptual hanya pada studi flipped" kemungkinan merupakan akibat cara pencarian, bukan ciri khas pendekatan.

SRL muncul dalam dua posisi: sebagai luaran (Saleh dkk., 2026; Setiyawan dkk., 2024) dan sebagai prasyarat keberhasilan (Co & Mancera, 2026). Implikasinya, flipped learning dapat bersifat berputar. Siswa dengan SRL yang lebih baik lebih siap memanfaatkan materi pra-kelas. Sebaliknya, siswa yang belum siap berisiko tertinggal sejak fase pra-kelas. Dugaan ini sejalan dengan kerangka SRL, tetapi belum diuji oleh desain yang memisahkan kemampuan awal dari dampak intervensi.

3.4 Tantangan dan Faktor Pendukung (RQ3)

Co dan Mancera (2026) mengidentifikasi faktor kritis: akuntabilitas dan self-regulation siswa, keterlibatan siswa, dukungan institusi, kualitas desain konten, dan akses setara terhadap teknologi. Ramadhani dkk. (2023) menekankan kesiapan teknologi dan adaptasi. Aspridanel dkk. (2022) menyebut perlunya dukungan teknis dan pedagogis. Tantangan lain adalah adaptasi konteks budaya (Saleh dkk., 2026), keterbatasan sampel (Malabayabas dkk., 2025), dan belum diujinya model secara empiris (Egara dkk., 2025).

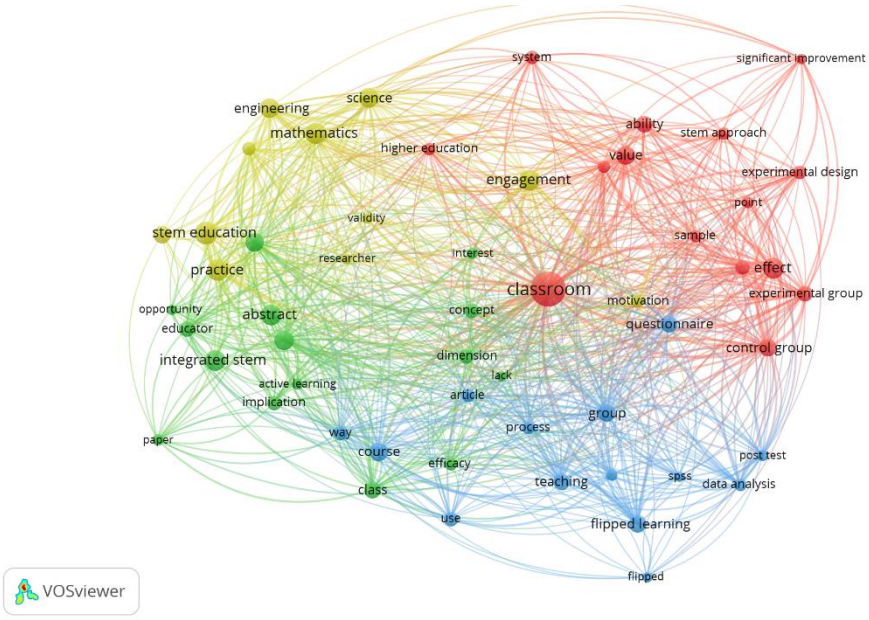
Tantangan yang muncul sejalan dengan pilar Learning culture dan Professional educator. Keberhasilan implementasi tidak hanya bergantung pada desain pembelajaran, tetapi juga pada kesiapan siswa, guru, dan ekosistem sekolah. Siswa perlu memiliki kebiasaan belajar mandiri. Guru perlu mendapat dukungan teknis dan pedagogis. Sekolah perlu menyediakan akses teknologi yang setara. Jika salah satu faktor ini lemah, implementasi STEM-Flipped berisiko tidak berjalan sebagaimana direncanakan.

Perlu dicatat bahwa sebagian besar bukti tantangan berasal dari persepsi guru, bukan dari data hasil belajar siswa. Karena itu, kesimpulan pada bagian ini perlu dibaca hati-hati. Bukti tentang peran guru di dalam kelas, misalnya bagaimana bantuan diberikan saat siswa mengerjakan tugas STEM, juga masih jarang. Padahal, peran itu penting untuk melihat apakah waktu kelas benar-benar dipakai untuk pembelajaran yang terstruktur atau hanya untuk diskusi bebas. Untuk praktik, sekolah sebaiknya memastikan akses teknologi yang setara, menyediakan materi yang dapat diunduh, dan memberi waktu akses di sekolah bagi siswa yang terkendala jaringan.

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

3.6 Peta Bibliometrik (Konteks Makro)

Analisis VOSviewer pada 200 rekaman (Gambar 2) menunjukkan empat klaster: (1) klaster merah berisi istilah desain eksperimen seperti effect, experimental group, control group, significant improvement, dan motivation; (2) klaster hijau berisi STEM education, integrated STEM, practice, dan active learning; (3) klaster biru berisi flipped learning, teaching, dan post test; (4) klaster kuning berisi mathematics, science, engineering, dan engagement. Istilah mathematics tampak kecil dan berada bersama sains dan rekayasa, yang mengindikasikan matematika bukan fokus dominan dalam korpus ini. Istilah engagement dan motivation muncul di dekat satu sama lain, tetapi ko-kemunculan istilah tidak menunjukkan hubungan mediasi, sehingga tidak ditafsirkan sebagai bukti kausal.



Gambar 2. Peta klaster tema penelitian STEM-Flipped Learning berdasarkan analisis co-occurrence istilah pada 200 rekaman

Temuan ini sejalan dengan Inayah dkk. (2023), yang melaporkan efek positif umum flipped classroom pada hasil belajar matematika sekaligus inkonsistensi desain; kajian ini menambahkan pemisahan bukti langsung dan tidak langsung serta fokus STEM. Rahmawati dkk. (2025) berfokus pada flipped, etnomatematika, dan STEM tanpa pemetaan bibliometrik dan fokus SMA. Beberapa studi di luar 12 artikel, yakni Andari dkk. (2024) tentang metakognisi dan resiliensi matematis serta Arifah dkk. (2025) tentang digital storytelling dan deep learning, dirujuk di sini hanya sebagai pembanding dan bukan bagian dari sintesis. Keberadaan studi relevan yang tidak terjaring, seperti Ishartono dkk. (2026), menunjukkan bahwa sensitivitas pencarian perlu ditingkatkan.

3.8 Kesenjangan Penelitian (RQ4)

Kesenjangan pertama, bukti langsung STEM-Flipped pada matematika SMA masih sangat

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

terbatas. Hanya dua studi bukti langsung yang spesifik SMA, yaitu Ardiansyah dkk. (2024) dan Setiyawan dkk. (2024). Kesenjangan kedua, hanya tiga dari dua belas studi yang spesifik SMA. Kesenjangan ketiga, fase pasca-kelas dan rincian aktivitas STEM di kelas jarang dilaporkan. Kesenjangan keempat, desain studi beragam dan banyak studi berbasis persepsi atau pengembangan media. Durasi intervensi dan ukuran efek juga tidak dilaporkan secara konsisten. Kesenjangan kelima, kajian ini sendiri dibatasi satu basis data, tanpa penilaian kualitas formal, dan tanpa registrasi protokol.

Kesenjangan di atas menunjukkan bahwa agenda penelitian berikutnya perlu diarahkan pada studi eksperimental STEM-Flipped pada matematika SMA. Studi tersebut sebaiknya berdurasi lebih panjang, memiliki kelompok pembanding, dan melaporkan ukuran efek. Rincian aktivitas kelas, peran guru, instrumen, dan bentuk refleksi pasca-kelas juga perlu dilaporkan agar sintesis berikutnya tidak menghadapi keterbatasan yang sama. Pencarian ulang pada Scopus, ERIC, Garuda, dan Google Scholar perlu dilakukan dengan string yang lebih luas. Penilaian kualitas studi sebaiknya memakai instrumen yang sesuai, misalnya MMAT 2018. Kajian berikutnya juga dapat mengeksplorasi integrasi budaya dan etnomatematika dalam STEM-Flipped.

Secara teoretis, lensa pra-kelas, di kelas, dan pasca-kelas dapat menjadi dasar pengembangan model STEM-Flipped. Namun, lensa ini belum diuji sebagai model utuh. Secara praktis, guru perlu menyiapkan materi pra-kelas yang berkualitas dan terukur, melatih SRL siswa, serta merancang aktivitas kelas yang terikat pada konsep matematika sasaran. Sekolah perlu memastikan akses teknologi yang setara dan dukungan institusi. Pengembang kurikulum dapat memasukkan konteks budaya secara eksplisit bila relevan.

4. SIMPULAN

Bentuk implementasi STEM-Flipped Learning dalam literatur dapat dipetakan ke dalam tiga fase. Pra-kelas berisi akses materi mandiri melalui e-modul atau LMS. Di kelas berisi diskusi, pemecahan masalah, pembelajaran aktif, dan konteks budaya. Pasca-kelas berisi refleksi, tetapi fase ini jarang dilaporkan. Tujuh studi empiris melaporkan dampak positif pada berpikir kreatif dan kritis, SRL, penalaran, dan pemahaman konseptual. Empat berasal dari integrasi STEM-Flipped dan tiga dari flipped saja. Perbedaan luaran antara bukti langsung dan tidak langsung kemungkinan mencerminkan perbedaan instrumen, bukan perbedaan efektivitas pendekatan. SRL berperan sebagai luaran sekaligus prasyarat.

Tantangan utama meliputi kesiapan teknologi, self-regulation siswa, dukungan institusi, kualitas desain konten, dan akses yang setara. Kesenjangan penelitiannya: bukti STEM-Flipped untuk matematika SMA masih terbatas, fase pasca-kelas dan rincian aktivitas STEM jarang dilaporkan, serta durasi dan ukuran efek belum konsisten dilaporkan.

Keterbatasan kajian ini perlu diperhatikan. Tidak semua studi terpilih spesifik SMA atau matematika, misalnya Panrat dan Jehma (2021), sehingga simpulan untuk matematika SMA bersifat indikatif. Kajian ini memakai satu basis data dan satu string kata kunci. Pengambilan 200 rekaman mungkin terpotong batas PoP. Tidak ada penilaian kualitas formal, tidak ada registrasi protokol, dan kesepakatan antar-penelaah tidak dihitung. Saran untuk kajian berikutnya: studi eksperimental STEM-Flipped pada matematika SMA dengan

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

rincian aktivitas kelas; pencarian ulang pada Scopus, ERIC, Garuda, dan Google Scholar; studi longitudinal dengan pelaporan ukuran efek; instrumen terstandar; penilaian kualitas dengan MMAT; serta eksplorasi integrasi budaya dan etnomatematika dalam STEM-Flipped.

Referensi

Andari, H. L. C., Susilawati, W., & Sugilar, H. (2024). Improved metacognition reviewed based on mathematical resilience through flipped classroom. KnE Social Sciences, 2024, 358–368. https://doi.org/10.18502/kss.v9i13.15936

Ardiansyah, M. R. P., Waluya, S. B., & Dwijanto, D. (2024). Flipped classroom learning model through STEM approach to improve the ability of mathematical creative thinking. Edukasi, 18(1), 9–16. https://doi.org/10.15294/edukasi.v18i1.5919

Arifah, R. Z., Arista, S. F., Susilawati, W., & Sholihah, W. (2025). Integrasi flipped classroom dan digital storytelling dalam pembelajaran deep learning untuk meningkatkan berpikir kritis dan kreativitas matematis peserta didik. Papanda Journal of Mathematics and Sciences Research, 4(2), 187–204. https://doi.org/10.56916/pjmsr.v4i2.1930

Aspridanel, A., Abdurrahman, A., Lengkana, D., & Jalmo, T. (2022). STEM-integrated flipped classroom in the teacher's perspective: Could its implementation in e-module improve system thinking ability? Indonesian Journal of Science and Mathematics Education, 5(1), 43–52. https://doi.org/10.24042/ijsme.v5i1.10663

Bishop, J. L., & Verleger, M. A. (2013). The flipped classroom: A survey of the research. 2013 ASEE Annual Conference & Exposition, 23.1200.1–23.1200.18.

Bybee, R. W. (2013). The case for STEM education: Challenges and opportunities. NSTA Press.

Co, S. J., & Mancera, A. (2026). Flipped classroom critical success factors across science, technology, engineering, and mathematics (STEM) and non-STEM disciplines in senior high school. Universal Education Journal of Teaching and Learning, 3(1), 63–72. https://doi.org/10.63081/uejtl.v3i1.183

Egara, F., Mosimege, M., & Mosia, M. (2025). Enhancing mathematics education through flipped classroom approaches: Insights and best practices. In Education and Human Development. IntechOpen. https://doi.org/10.5772/intechopen.1006949

Flipped Learning Network. (2014). The four pillars of F-L-I-P.

Harzing, A.-W. (2007). Publish or Perish [Computer software]. https://harzing.com/resources/publish-or-perish

Hong, Q. N., Fàbregues, S., Bartlett, G., Boardman, F., Cargo, M., Dagenais, P., … Pluye, P. (2018). The Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT) version 2018 for information professionals and researchers. Education for Information, 34(4), 285–291.

Inayah, S., Juandi, D., Darhim, D., Prabawanto, S., & Jupri, A. (2023). The impact of flipped classroom implementation in mathematics learning at schools: Systematic Literature Review. Jurnal Analisa, 9(1), 59–73. https://doi.org/10.15575/ja.v9i1.18226

Ishartono, N., Setyaningrum, H. D. A., Chalistha, F. P., & Palupi, R. (2026). Implementing a STEAM-based Flipped Learning model to improve student understanding of trigonometry: An analysis of effectiveness and challenges. Mathematics Education Journal, 20(1), 97–124. https://doi.org/10.22342/mej.v20i1.pp97-124

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

Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. International Journal of STEM Education, 3, Article 11. https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z

Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering (EBSE Technical Report EBSE-2007-01). Keele University.

Kurniawan, I., Sugiman, S., & Hamdi, S. (2026). Implementing STEM-based mathematics learning in Indonesian high schools: Teachers' understanding, challenges, and supporting factors. Riemann: Research of Mathematics and Mathematics Education.

Malabayabas, M., Malabayabas, C. E., & Paz, N. M. (2025). Improving the students' data management skills through flipped classroom. Advanced Journal of STEM Education, 3(2), 68–77. https://doi.org/10.31098/ajosed.v3i2.3842

Nasution, F. R., Yuanita, P., & Hutapea, N. M. (2025). Analisis kemampuan penalaran matematis siswa Fase E dalam menyelesaikan soal fungsi eksponensial di SMAN Pekanbaru. Juring: Journal for Research in Mathematics Learning. https://ejournal.uin-suska.ac.id/index.php/juring/article/view/37051

OECD. (2026). PISA 2025 results (Volume I): The state of learning and equity in education. OECD Publishing. https://www.oecd.org/en/publications/pisa-2025-results-volume-i-country-notes_2d4ff9ea-en/indonesia_9c880f8a-en.html

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., … Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. BMJ, 372, n71. https://doi.org/10.1136/bmj.n71

Panrat, T., & Jehma, H. (2021). Evaluating learner reasoning skills through the active learning flipped STEM classroom design. 2021 6th International STEM Education Conference (iSTEM-Ed), 1–4. https://doi.org/10.1109/istem-ed52129.2021.9625104

Rahmawati, A. D., Sugiman, Karyati, Ardianzah, F., & Supriyanto, D. H. (2025). Systematic Literature Review: Helping students learn mathematics through the integrated Flipped Learning model of ethnomathematics and STEM. Architecture Image Studies, 6(4), 650–660. https://doi.org/10.62754/ais.v6i4.664

Ramadhani, R., Syahputra, E., & Simamora, E. (2023). Ethnomathematics approach integrated flipped classroom model: Culturally contextualized meaningful learning and flexibility. Jurnal Elemen, 9(2), 371–387. https://doi.org/10.29408/jel.v9i2.7871

Saleh, H., Nopitasari, D., Bilda, W., & Fadillah, A. (2026). Enhancing self-regulated learning through a culture-integrated STEM flipped classroom approach. AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika, 15(2), 1243–1255. https://doi.org/10.24127/ajpm.v15i2.14992

Setiyawan, A. A., Agoestanto, A., & Isnarto, I. (2024). Enhancing self-regulated learning and critical thinking in STEM through flipped classroom models. Jurnal Elemen, 10(2), 341–362. https://doi.org/10.29408/jel.v10i2.25322

Swasti, A. W. P., Budiyanto, M., & Purnomo, A. R. (2022). Index card match learning model integrated with flipped classroom to improve conceptual understanding. Jurnal Pendidikan MIPA, 23(2), 505–518. http://dx.doi.org/10.23960/jpmipa/v23i2.pp505-518

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

van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. Scientometrics, 84(2), 523–538. https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3

Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.

Wahyuni, F., Dewi, I., & Ahyaningsih, F. (2026). Moodle-integrated flipped classroom design to enhance students' mathematical conceptual understanding. Jurnal Absis: Jurnal Pendidikan Matematika dan Matematika, 9(1), 195–211. https://doi.org/10.30606/absis.v9i1.4089

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. Theory Into Practice, 41(2), 64–70.

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