

Pembelajaran Mendalam Dan Proses Berpikir Matematis Siswa Pada Materi Komposisi Fungsi

Ode Sitti Rahmawati^{1*}, Rusdyi Habsyi¹, Ode Zulaeha¹

¹Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Ilmu Pendidikan, Institut Sains dan Kependidikan Kie Raha Maluku Utara, Indonesia

Email korespondensi: waode288@gmail.com

Info Artikel

Article history:

Kirim: 02/09/2026
Perbaikan: 26/09/2026
Terima: 29/09/2026
Publikasi: 30/09/2026

Kata-kata kunci:

Pembelajaran mendalam;
Proses berpikir matematis;
Komposisi fungsi;
Eksperimen kuasi;
Welch's t-test

ABSTRAK

Penelitian ini menguji perbedaan proses berpikir matematis siswa setelah penerapan pembelajaran mendalam pada materi komposisi fungsi. Pembelajaran mendalam dalam studi ini merujuk pada pengalaman belajar mindful, meaningful, dan joyful, bukan teknologi kecerdasan buatan. Penelitian menggunakan eksperimen kuasi dengan nonequivalent control-group design. Dua kelas XI SMA Negeri 1 Kota Ternate dipilih secara purposif; hanya peserta yang mengikuti seluruh rangkaian dianalisis, yaitu 15 siswa pada kelas eksperimen dan 14 siswa pada kelas kontrol. Data diperoleh melalui tes uraian berbasis tahapan Entry, Attack, dan Review, serta observasi keterlaksanaan pembelajaran. Data posttest berdistribusi normal, tetapi varians antarkelompok tidak homogen; karena itu, perbedaan rerata diuji menggunakan Welch's independent-samples t-test. Rerata posttest kelas eksperimen mencapai 85,00 (SD = 10,24), sedangkan kelas kontrol 62,50 (SD = 26,40). Perbedaannya signifikan, $t(16,604) = 2,986$, $p = 0,008$, dengan selisih rerata 22,50 poin dan Hedges' $g = 1,11$. Temuan menunjukkan bahwa kelas yang memperoleh pembelajaran mendalam memiliki capaian proses berpikir matematis lebih tinggi, khususnya pada aktivitas memahami masalah dan mengembangkan strategi. Namun, karena kelas tidak diacak, mortalitas sampel tinggi, durasi intervensi hanya tiga pertemuan, dan analisis utama berbasis posttest, hasil tidak boleh ditafsirkan sebagai bukti kausal yang luas. Studi lanjutan perlu menggunakan ANCOVA atau model perubahan dengan sampel lebih besar, durasi lebih panjang, serta reliabilitas antarpemilai.

1. PENDAHULUAN

Kemampuan menggunakan matematika secara bernalar tetap menjadi tantangan penting. PISA 2022 menempatkan literasi matematika sebagai kapasitas merumuskan, menggunakan, dan menafsirkan matematika dalam beragam konteks; laporan tersebut juga menunjukkan bahwa capaian siswa Indonesia masih memerlukan penguatan pada penalaran dan pemecahan masalah (OECD, 2023). Karena itu, mutu pembelajaran tidak memadai jika hanya diukur dari ketepatan jawaban akhir. Pembelajaran perlu membuka jejak bagaimana siswa memahami informasi, memilih strategi, melaksanakan operasi, dan memeriksa kewajaran hasil.

Proses berpikir matematis dalam penelitian ini dipahami melalui fase Entry, Attack, dan Review. Entry mencakup pengenalan informasi, tujuan, serta konsep yang relevan; Attack mencakup pengembangan dan pelaksanaan strategi; sedangkan Review mencakup pemeriksaan, evaluasi, dan refleksi atas solusi. Penelitian mutakhir menunjukkan bahwa proses memahami, merencanakan, memonitor, dan mengevaluasi berkaitan erat dengan metakognisi,

pemodelan, serta kualitas pemecahan masalah matematika (Firdaus & Ni'mah, 2021; Hidayat et al., 2021; Rudianti et al., 2021; Toikka et al., 2024). Dengan demikian, asesmen berbasis tahapan berpikir lebih informatif daripada skor jawaban tanpa rubrik proses.

Komposisi fungsi merupakan konteks yang relevan karena siswa harus memahami fungsi sebagai pemetaan, menentukan urutan operasi, melakukan substitusi, serta membedakan $f \circ g$ dari $g \circ f$. Kesalahan pada urutan dan substitusi sering menunjukkan pemahaman relasional yang belum stabil. Utami et al. (2021) menemukan hambatan pemahaman konsep pada komposisi fungsi, sedangkan implementasi bahan ajar digital untuk topik yang sama menunjukkan perlunya representasi dan aktivitas yang terstruktur agar siswa tidak berhenti pada manipulasi simbolik (Huda, 2026).

Salah satu pendekatan yang berpotensi memperkuat kedalaman proses tersebut adalah pembelajaran mendalam. Dalam kebijakan pendidikan Indonesia, pendekatan ini diarahkan pada belajar secara mindful, meaningful, dan joyful. Mindful menekankan kesadaran dan perhatian terhadap tujuan serta proses; meaningful menekankan keterhubungan konsep dengan pengetahuan dan konteks; joyful menekankan iklim positif yang memungkinkan siswa bereksplorasi dan merevisi gagasan. Kajian dari Lestari et al., (2025) menempatkan pendekatan tersebut sebagai orientasi belajar yang berpusat pada pemaknaan konsep dan proses mental siswa. Bukti lintas konteks juga menunjukkan bahwa keterlibatan aktif, lingkungan bermakna, refleksi, dan dukungan digital yang tepat dapat memperkuat keterlibatan serta pembelajaran mendalam (Cevikbas & Kaiser, 2022, 2023; Wu et al., 2024).

Istilah deep learning perlu dibatasi secara eksplisit. Sejumlah artikel menggunakan istilah yang sama untuk sistem kecerdasan buatan, visualisasi otomatis, atau umpan balik adaptif (Ode et al., 2026). Konstruk tersebut berbeda dari intervensi penelitian ini yang tidak menggunakan model komputasional. Mencampurkan keduanya akan menghasilkan kekeliruan konseptual: keberhasilan teknologi AI tidak otomatis menjadi bukti efektivitas pedagogi mindful–meaningful–joyful. Oleh sebab itu, artikel ini konsisten menggunakan istilah “pembelajaran mendalam”.

Penelitian lokal menunjukkan bahwa pembelajaran inquiry, problem-based learning, dan lingkungan yang memberi ruang pada penjelasan dapat mendukung berpikir kritis atau pemecahan masalah (Amir & Habsyi, 2024; Sapsuha et al., 2026). Namun, bukti khusus mengenai hubungan pembelajaran mendalam dengan proses berpikir matematis pada komposisi fungsi masih terbatas. Banyak studi menilai hasil belajar atau keterampilan umum, bukan urutan Entry–Attack–Review. Selain itu, laporan eksperimen kecil sering berhenti pada nilai p tanpa ukuran efek dan tanpa mengakui ancaman validitas dari kelas utuh serta kehilangan peserta.

Studi pendahuluan di SMA Negeri 1 Kota Ternate memperlihatkan bahwa sebagian siswa dapat melakukan operasi aljabar tetapi masih keliru menentukan urutan fungsi, tidak menjelaskan alasan strategi, dan jarang memeriksa kembali jawaban. Berdasarkan fenomena tersebut, penelitian ini bertujuan menguji perbedaan capaian proses berpikir matematis antara kelas yang memperoleh pembelajaran mendalam dan kelas pembandingan pada materi komposisi fungsi. Kebaruan praktis penelitian terletak pada pemetaan prinsip mindful–meaningful–joyful

ke fase Entry–Attack–Review, disertai pelaporan ukuran efek dan pembatasan inferensi sesuai desain.

2. METODE PENELITIAN

Desain Penelitian

Penelitian menggunakan eksperimen kuasi dengan nonequivalent control-group design. Kelas yang telah terbentuk digunakan karena randomisasi individual tidak dimungkinkan. Kedua kelas mengikuti pretest, tiga pertemuan pembelajaran, dan posttest. Kelas eksperimen memperoleh pembelajaran mendalam; kelas kontrol mengikuti pembelajaran reguler. Desain ini memberi dasar komparasi, tetapi tidak sepenuhnya mengendalikan bias seleksi antarkelas. Oleh karena itu, istilah “pengaruh” dalam artikel dibatasi sebagai perbedaan yang teramati dalam konteks desain eksperimen kuasi.

Tabel 1. Desain penelitian

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Eksperimen	O ₁	X: pembelajaran mendalam	O ₂
Kontrol	O ₃	Pembelajaran reguler	O ₄

Subjek dan Konteks

Populasi adalah siswa kelas XI SMA Negeri 1 Kota Ternate tahun pelajaran 2025/2026. Kelas XI-1 dipilih sebagai kelas eksperimen dan XI-3 sebagai kelas kontrol melalui purposive sampling berdasarkan kelas yang tersedia. Masing-masing kelas awalnya berjumlah 37 siswa. Penelitian dilaksanakan pada 8–10 Juni 2026 setelah ujian akhir semester. Analisis lengkap hanya mencakup siswa yang mengikuti pretest, seluruh perlakuan, dan posttest: 15 siswa eksperimen dan 14 siswa kontrol. Kehilangan 45 dari 74 peserta awal (60,8%) merupakan ancaman validitas yang material dan diperhitungkan dalam interpretasi.

Intervensi Pembelajaran

Tabel 2. Operasionalisasi pembelajaran mendalam

Pertemuan	Fokus	Mindful	Meaningful	Joyful dan refleksi
1	Konsep dan urutan komposisi	Memusatkan perhatian pada urutan kegiatan	Analogi mesin berantai	Human Function Chain; catatan refleksi
2	Aljabar dan fungsi yang hilang	Menjelaskan alasan setiap substitusi	Konteks diskon dan potongan harga	Tantangan kolaboratif; umpan balik teman
3	Aplikasi dan evaluasi	Memeriksa kesesuaian prosedur	Masalah produksi/pengolahan	Quiz battle; refleksi akhir

Pemetaan intervensi dirancang agar mindful mendukung Entry, meaningful memperkuat Attack, dan refleksi dalam suasana joyful membuka kesempatan Review. Pemetaan tersebut merupakan proposisi pendidikan, bukan identitas konstruk; setiap prinsip dapat berkontribusi pada lebih dari satu fase berpikir. Kehati-hatian ini penting agar hubungan antarkonstruk tidak dipaksakan secara satu-banding-satu.

Instrumen dan Pengumpulan Data

Instrumen utama berupa tes uraian komposisi fungsi yang dinilai menggunakan rubrik proses berpikir matematis. Pretest terdiri atas tiga soal dan posttest dua soal. Setiap respons ditelusuri berdasarkan bukti Entry, Attack, dan Review. Lembar observasi guru dan siswa digunakan untuk memeriksa keterlaksanaan kegiatan mindful, meaningful, joyful, kolaborasi, serta refleksi. Validasi isi dilakukan melalui penilaian ahli sebagaimana didokumentasikan dalam skripsi sumber. Karena koefisien reliabilitas antarpemilai tidak tersedia, skor rubrik harus dipahami sebagai keterbatasan pengukuran, terutama untuk membedakan kualitas alasan dan refleksi.

Tabel 3. Konstruk dan indikator instrumen

Konstruk	Indikator operasional	Bukti pada jawaban
Entry	Mengidentifikasi informasi, pertanyaan, dan konsep	Pernyataan diketahui/ditanya; representasi fungsi yang tepat
Attack	Memilih dan menjalankan strategi serta memberi alasan	Urutan komposisi, substitusi, manipulasi aljabar, justifikasi
Review	Memeriksa proses dan hasil serta menyimpulkan	Substitusi balik, pengecekan domain/urutan, kesimpulan kontekstual

Analisis Data

Analisis deskriptif meliputi jumlah peserta, rerata, simpangan baku, minimum, dan maksimum. Normalitas diperiksa menggunakan Shapiro–Wilk dan kesamaan varians menggunakan Levene. Karena skor posttest kedua kelompok normal tetapi variansnya tidak homogen, uji perbedaan menggunakan Welch’s t-test, yaitu baris equal variances not assumed. Ukuran efek dihitung kembali dari statistik ringkasan: Cohen’s d menggunakan simpangan baku gabungan dan dikoreksi menjadi Hedges’ g untuk mengurangi bias sampel kecil. Interpretasi mengutamakan besar dan ketidakpastian perbedaan, bukan nilai p semata. Pendekatan ini sejalan dengan dorongan pelaporan ukuran efek dalam penelitian pendidikan serta kehati-hatian pada eksperimen kuasi (Lakens, 2022; Kraft, 2023).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pada pretest, kelas eksperimen memiliki rerata 77,77 (SD = 15,24), sedangkan kelas kontrol 72,02 (SD = 13,42). Selisih awal 5,75 poin mengindikasikan bahwa kedua kelas tidak identik sebelum intervensi. Pada posttest, rerata kelas eksperimen meningkat menjadi 85,00

DOI: <https://doi.org/10.63976/jimat.v7i3.1583>

(SD = 10,24), sedangkan kelas kontrol mencapai 62,50 (SD = 26,40). Penyebaran posttest kelas kontrol jauh lebih besar daripada kelas eksperimen.

Tabel 4. Statistik deskriptif hasil tes

Tes	Kelompok	n	M	SD	Minimum	Maksimum
Pretest	Eksperimen	15	77,77	15,24	37,50	100,00
Pretest	Kontrol	14	72,02	13,42	45,83	91,66
Posttest	Eksperimen	15	85,00	10,24	68,75	100,00
Posttest	Kontrol	14	62,50	26,40	12,50	93,75

Uji Shapiro–Wilk menunjukkan bahwa posttest kelas eksperimen ($W = 0,939$; $p = 0,373$) dan kontrol ($W = 0,909$; $p = 0,155$) tidak menyimpang signifikan dari normalitas. Namun, Levene pada posttest signifikan ($F = 7,993$; $p = 0,009$), sehingga asumsi homogenitas varians tidak terpenuhi. Pemilihan Welch’s t-test dengan demikian tepat dan lebih defensif daripada Student’s t-test biasa.

Tabel 5. Uji asumsi posttest

Uji	Eksperimen	Kontrol	Statistik pembanding	Keputusan
Shapiro–Wilk	$W = 0,939$; $p = 0,373$	$W = 0,909$; $p = 0,155$	—	Kedua kelompok normal
Levene	—	—	$F = 7,993$; $p = 0,009$	Varians tidak homogen

Welch’s t-test menunjukkan perbedaan rerata posttest sebesar 22,50 poin, $t(16,604) = 2,986$, $p = 0,008$. Interval kepercayaan 95% yang dihitung dari statistik ringkasan kira-kira 6,52–38,48 poin. Cohen’s $d = 1,14$ dan Hedges’ $g = 1,11$ menunjukkan perbedaan terstandar yang besar pada sampel analitik. Ukuran efek ini mendeskripsikan jarak antarkelompok, bukan persentase siswa yang “meningkat” dan bukan jaminan replikasi pada populasi lebih luas.

Tabel 6. Perbedaan posttest dan ukuran efek

ΔM	t	df	p	95% CI ΔM	Cohen’s d	Hedges’ g
22,50	2,986	16,604	0,008	[6,52; 38,48]	1,14	1,11

Pembahasan

Temuan utama menunjukkan bahwa siswa pada kelas pembelajaran mendalam memperoleh capaian proses berpikir matematis lebih tinggi daripada kelas kontrol. Secara substantif, selisih 22,50 poin dan Hedges’ g sebesar 1,11 bukan hanya signifikan secara statistik, tetapi juga besar pada skala skor penelitian. Hasil ini konsisten dengan kajian yang menghubungkan pembelajaran aktif, keterlibatan kognitif, dan refleksi dengan pemahaman yang lebih mendalam (Cevikbas & Kaiser, 2022; Wu et al., 2024). Hasil tersebut juga searah

dengan studi pembelajaran berpikir tingkat tinggi dan pemecahan masalah yang melaporkan manfaat aktivitas eksploratif, kolaboratif, serta lembar kerja terstruktur (Tolla et al., 2022; Widodo et al., 2023).

Pada fase Entry, kegiatan mindful meminta siswa menahan respons prosedural, membaca struktur masalah, dan memperhatikan urutan fungsi. Mekanisme ini masuk akal karena kesalahan komposisi fungsi sering berawal sebelum perhitungan: siswa tidak membedakan input, proses, dan output. Pada fase Attack, analogi mesin, konteks diskon, serta diskusi strategi menyediakan jembatan dari representasi kontekstual menuju simbolik. Pembelajaran bermakna dan keterlibatan aktif dapat membantu siswa mengorganisasi hubungan konsep, bukan sekadar mengingat algoritma (Afidati & Malasari, 2023; Hartiningrum & Wahab, 2024; Annisa & Darmiyati, 2024).

Fase Review tampak sebagai bagian yang paling rapuh. Berdasarkan uraian hasil skripsi, sebagian siswa belum konsisten memeriksa urutan komposisi, menguji kembali hasil, atau menuliskan kesimpulan. Pola ini sejalan dengan kajian proses berpikir yang menunjukkan bahwa pemeriksaan sering diabaikan ketika siswa merasa telah memperoleh jawaban (Firdaus & Ni'mah, 2021; Rudianti et al., 2021). Karena itu, joyful learning tidak boleh direduksi menjadi permainan atau suasana menyenangkan; kontribusinya baru bermakna bila aktivitas menyenangkan diikuti tuntutan epistemik untuk menjelaskan, membandingkan, mengoreksi, dan merevisi solusi.

Temuan lokal memberi konteks pendukung sekaligus pembanding. Lestari et al. (2025) menekankan kedalaman pemaknaan dalam Kurikulum Merdeka; Amir dan Habsyi (2024) melaporkan peningkatan proses berpikir kritis melalui inquiry; Huda dan Pramuditya (2026) menunjukkan nilai bahan ajar terstruktur pada komposisi fungsi; Sapsuha et al. (2026) menggarisbawahi kolaborasi serta eksplorasi gagasan. Namun, Ode et al. (2026) mengoperasionalkan deep learning sebagai dukungan AI. Artikel terakhir tidak boleh digabungkan sebagai bukti konstruk yang sama, walaupun keduanya sama-sama menekankan umpan balik dan refleksi.

Ada pula penjelasan alternatif yang harus dipertimbangkan. Pertama, penempatan kelas tidak acak sehingga motivasi, kualitas interaksi kelas, atau kemampuan awal mungkin berbeda. Rerata pretest kelas eksperimen memang 5,75 poin lebih tinggi. Kedua, analisis hanya memasukkan 29 dari 74 siswa awal. Jika ketidakhadiran berkaitan dengan kemampuan atau motivasi, estimasi efek dapat terdistorsi. Ketiga, varians kontrol yang sangat besar menunjukkan heterogenitas respons atau kemungkinan nilai ekstrem. Keempat, guru/peneliti dan siswa mengetahui kondisi perlakuan, sehingga efek kebaruan dan ekspektasi tidak dapat dikesampingkan.

Pilihan analisis posttest juga membatasi inferensi. Uji Welch menangani ketidaksamaan varians, tetapi tidak mengendalikan selisih baseline. Dengan data individu lengkap, ANCOVA yang memprediksi posttest dari kelompok dan pretest, atau model perubahan yang memenuhi asumsi, akan lebih kuat daripada komparasi posttest tunggal. Literatur metodologis mengingatkan bahwa nilai p tidak memperbaiki bias desain; transparansi keputusan analitik dan pelaporan ukuran efek tetap diperlukan (Lakens, 2022; Kraft, 2023). Dengan demikian, hasil

paling tepat dibaca sebagai bukti awal yang menjanjikan, bukan verifikasi final bahwa pendekatan ini menyebabkan peningkatan pada semua siswa.

Implikasi praktisnya adalah guru dapat merancang komposisi fungsi sebagai rangkaian pengalaman berpikir. Sebelum substitusi, siswa diminta menandai input–proses–output; selama penyelesaian, mereka membandingkan minimal dua representasi; setelah memperoleh jawaban, mereka melakukan substitusi balik atau menjelaskan mengapa urutan tidak dapat dipertukarkan. Struktur ini selaras dengan integrasi metakognisi dan regulasi diri dalam pemecahan masalah (Hidayat et al., 2021; Jatmiko et al., 2025; Nurmilawati et al., 2026) dan menjaga agar mindful–meaningful–joyful tidak berhenti sebagai slogan.

4. KESIMPULAN

Dalam sampel analitik penelitian ini, kelas yang memperoleh pembelajaran mendalam memiliki capaian posttest proses berpikir matematis lebih tinggi daripada kelas kontrol pada materi komposisi fungsi. Perbedaannya signifikan menurut Welch's t-test, $t(16,604) = 2,986$, $p = 0,008$, dengan selisih rerata 22,50 poin dan Hedges' $g = 1,11$. Secara pedagogis, aktivitas mindful membantu siswa memasuki masalah secara lebih terarah, meaningful mendukung pengembangan strategi, sedangkan joyful yang dipadukan dengan refleksi memberi ruang untuk meninjau solusi. Meski demikian, penempatan kelas nonacak, kehilangan peserta yang tinggi, durasi tiga pertemuan, ketiadaan reliabilitas antarpemilai, serta analisis utama berbasis posttest membatasi klaim kausal dan generalisasi. Penelitian berikutnya perlu mempertahankan peserta sejak awal, memperpanjang intervensi, menggunakan analisis berbasis baseline, dan melaporkan konsistensi penskoran.

REFERENSI

- Amir, W., & Habsyi, R. (2024). Pengaruh penerapan model pembelajaran kooperatif tipe inquiry untuk meningkatkan proses berpikir kritis siswa pada materi operasi hitung bilangan bulat. *Jurnal Ilmiah Matematika (JIMAT)*, 5(1), 133–145. <https://doi.org/10.63976/jimat.v5i1.729>
- Afidati, M., & Malasari, P. N. (2023). Pembelajaran matematika yang bermakna menggunakan pendekatan teori kognitivisme. *Indonesian Journal of Mathematics Education*, 2(2), 67–77. <https://doi.org/10.58917/ijme.v2i2.67>
- Annisa, M. N., & Darmiyati. (2024). Hasil belajar matematika dan motivasi belajar siswa serta aktivitas guru dalam integrasi model pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia*, 9(2), 131–143. <https://doi.org/10.26737/jpmi.v9i2.5819>
- Cevikbas, M., & Kaiser, G. (2022). Student engagement in a flipped secondary mathematics classroom. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(7), 1455–1480. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10213-x>
- Cevikbas, M., & Kaiser, G. (2023). Can flipped classroom pedagogy offer promising perspectives for mathematics education? *ZDM–Mathematics Education*, 55(1), 177–191. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01388-w>
- Copur-Gencturk, Y., Thacker, I., & Cimpian, J. R. (2022). Teacher bias in the virtual classroom. *Computers & Education*, 191, 104627. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104627>

DOI: <https://doi.org/10.63976/jimat.v7i3.1583>

- Dai, C.-P., Ke, F., Pan, Y., & Liu, Y. (2023). Exploring students' learning support use in digital game-based math learning. *Computers & Education*, 194, 104698. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104698>
- Firdaus, F. I., & Ni'mah, K. (2021). Deskripsi proses berpikir matematis siswa dalam memecahkan masalah konsep barisan berdasarkan teori Mason. *Jurnal Educatio*, 6(2S), 711–720. <https://doi.org/10.31949/educatio.v6i2.767>
- Hadi, M., Setiawan, V., & Hidayah, P. (2025). The effect of implementing deep learning on improving students' cognitive abilities. *Journal of Research in Islamic Education*, 7(1). <https://doi.org/10.25217/jrie.v7i1.5637>
- Hartiningrum, E. S. N., & Wahab, A. (2024). Pandangan Vygotsky dalam pembelajaran matematika menggunakan problem posing. *Jurnal Ilmiah Soulmath*, 12(2), 107–120. <https://doi.org/10.25139/smj.v12i2.7822>
- Hidayat, R., Zulnaldi, H., & Zamri, S. N. A. S. (2021). The interrelationships between metacognition and mathematical modeling competency. *European Journal of Educational Research*, 10(4), 1853–1866. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.4.1853>
- Hidayatullah, R., Soeryanto, Kurniawan, W., Putra, B., Patar, M., & Ajiban, M. (2025). The effect of implementing a deep learning approach assisted by STEM media. *E3S Web of Conferences*, 645, 06002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202564506002>
- Huda, H., & Pramuditya, S. A. (2026). Implementasi bahan ajar Google Sites pada materi komposisi fungsi SMK Negeri di Cirebon. *Jurnal Ilmiah Matematika (JIMAT)*, 7(1), 79–93. <https://doi.org/10.63976/jimat.v7i1.1231>
- Jatmiko, D. D. H., Putra, A. M., Kristiana, A. I., Murtikusuma, R. P., & Adawiyah, R. (2025). Kemampuan berpikir logis siswa dalam menyelesaikan masalah peluang ditinjau dari self-regulated learning. *Jurnal Ilmiah Matematika (JIMAT)*, 6(1), 463–472. <https://doi.org/10.63976/jimat.v6i1.921>
- Kintoko, K., Waluya, S. B., & Siswanto, B. (2025). Effectiveness of the deep learning approach in enhancing students' critical thinking skills on matrix material. *Jurnal Karya Pendidikan Matematika*, 12(1), 79–85. <https://doi.org/10.26714/jkpm.12.1.2025.79-85>
- Kraft, M. A. (2023). Interpreting effect sizes of education interventions. *Educational Researcher*, 52(4), 241–253. <https://doi.org/10.3102/0013189X231167352>
- Lakens, D. (2022). Sample size justification. *Collabra: Psychology*, 8(1), 33267. <https://doi.org/10.1525/collabra.33267>
- Lestari, I. A., Ramadhani, L. F., Azaria, N. E., & Kusno. (2025). Hakekat belajar matematika dalam Kurikulum Merdeka melalui pendekatan deep learning. *Jurnal Ilmiah Matematika (JIMAT)*, 6(2), 641–654. <https://doi.org/10.63976/jimat.v6i2.1076>
- Miterianifa, Ashadi, Saputro, S., & Suciati. (2021). Higher order thinking skills in the 21st century: Critical thinking. *Proceedings of ICONS 2020*. <https://doi.org/10.4108/eai.30-11-2020.2303766>
- Nurmilawati, M., Budiyono, & Saputro, D. R. S. (2026). Contribution of metacognitive skills to students' conceptual understanding and problem-solving skills. *Journal of Innovation in Educational and Cultural Research*, 7(3). <https://doi.org/10.46843/jiecr.v7i3.2995>
- Ode, N. T., Miraji, F., & Zulaeha, O. (2026). Implementasi model pembelajaran kolaboratif berbasis deep learning untuk menumbuhkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa SMA. *Jurnal Ilmiah Matematika (JIMAT)*, 7(1), 114–121. <https://doi.org/10.63976/jimat.v7i1.1177>

DOI: <https://doi.org/10.63976/jimat.v7i3.1583>

- OECD. (2023). PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23834-en>
- Ratnasari, R., Nurvicalesi, N., & Wati, A. (2025). Implementasi pembelajaran mendalam terhadap kemampuan berpikir kritis matematis siswa. *Algoritma*, 3(4). <https://doi.org/10.62383/algoritma.v3i4.576>
- Rudianti, R., Aripin, A., & Muhtadi, D. (2021). Proses berpikir kritis matematis siswa ditinjau dari tipe kepribadian ekstrovert dan introvert. *Mosharafa*, 10(3), 437–448. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v10i3.1038>
- Rundquist, R., Holmberg, K., Rack, J., Mohseni, Z., & Masiello, I. (2024). Use of learning analytics in K–12 mathematics education: A systematic scoping review. *Journal of Learning Analytics*, 11(3), 174–191. <https://doi.org/10.18608/jla.2024.8299>
- Sapsuha, L., Husein, M. B. H., & Zulaeha, O. (2026). Integrasi etnomatematika dalam problem-based learning untuk menumbuhkan kreativitas dan cara berpikir kritis siswa SMP. *Jurnal Ilmiah Matematika (JIMAT)*, 7(1), 94–103. <https://doi.org/10.63976/jimat.v7i1.1175>
- Toikka, S., Eronen, L., & Havu-Nuutinen, S. (2024). Combined conceptualisations of metacognitive knowledge and experiences in mathematical problem solving. *Cogent Education*, 11(1), 2357901. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2357901>
- Tolla, I., Babo, R., & Haerul. (2022). Development of the 4C teaching model to improve high school students' mathematical critical thinking skills. *International Journal of Educational Methodology*, 8(3), 493–506. <https://doi.org/10.12973/ijem.8.3.493>
- Utami, N. I., Sudirman, & Sukoriyanto. (2021). Analisis kemampuan pemahaman konsep matematis siswa pada materi komposisi fungsi. *JIPM*, 10(1), 1–13. <https://doi.org/10.25273/jipm.v10i1.8268>
- Widodo, S. A., Turmudi, T., Dahlan, J. A., Istiqomah, I., & Saputro, H. (2023). Effects of worksheets on problem-solving skills: Meta-analytic study. *International Journal of Educational Methodology*, 9(1), 151–167. <https://doi.org/10.12973/ijem.9.1.151>
- Wu, X.-Y., Liao, H.-C., & Chen, Y.-L. (2024). Exploring the effects of digital technology on deep learning: A meta-analysis. *Education and Information Technologies*, 29. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12307-1>
- Ye, H., Liang, B., Ng, O.-L., & Chai, C. S. (2023). Integration of computational thinking in K–12 mathematics education: A systematic review. *International Journal of STEM Education*, 10, 13. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00396-w>