

Implementasi Model Pembelajaran Kolaboratif Berbasis Deep Learning Untuk Menumbuhkan Keterampilan Berpikir Kritis Dan Kreatif Siswa SMA

Nur Trifitriani Ode¹, Fikri Miraji², Ode Zulaeha³

^{1,2,3}Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Ilmu Pendidikan Institut Sains dan Kependidikan Kie Raha Maluku Utara, Indonesia

Email Corresponding Author : Odezulaeha4@gmail.com

Info Artikel

Article history:

Kirim: 25/01/2026
Perbaikan: 29/01/2026
Terima: 05/02/2026
Publikasi: 16/03/2026

Kata-kata kunci:

Implementasi;
Kolaboratif;
deep learning;
Berpikir Kreatif
Kreatif;

ABSTRAK

Peningkatan keterampilan berpikir kritis dan kreatif menjadi tuntutan utama pembelajaran matematika abad ke-21, terutama pada jenjang SMA yang menuntut kesiapan siswa dalam menghadapi tantangan akademik dan profesional yang kompleks. Namun, praktik pembelajaran di kelas masih didominasi pendekatan konvensional yang kurang memberi ruang interaksi bermakna dan eksplorasi ide siswa. Penelitian ini penting dilakukan untuk menjawab kebutuhan akan model pembelajaran inovatif yang mampu menstimulasi kolaborasi, pemecahan masalah, serta elaborasi ide melalui pemanfaatan teknologi mutakhir seperti deep learning.

Tujuan penelitian ini adalah mengimplementasikan dan mengevaluasi efektivitas model pembelajaran kolaboratif berbasis deep learning dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa SMA pada materi matematika. Penelitian menggunakan desain quasi-experimental dengan subjek 68 siswa kelas XI yang dibagi dalam kelompok eksperimen dan kontrol. Instrumen terdiri atas tes berpikir kritis, tes berpikir kreatif, lembar observasi aktivitas kolaboratif, serta log aktivitas pembelajaran berbantuan platform deep learning. Prosedur pengumpulan data mencakup *pretest-posttest*, observasi kelas, dan analisis jejak digital pembelajaran. Data dianalisis menggunakan uji ANCOVA dan analisis kualitatif tematik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa siswa yang belajar melalui model kolaboratif berbasis deep learning mengalami peningkatan signifikan pada kemampuan berpikir kritis dan kreatif dibandingkan siswa yang mengikuti pembelajaran konvensional. Analisis kualitatif mengungkap bahwa visualisasi otomatis, rekomendasi pemecahan masalah, serta umpan balik adaptif dari sistem deep learning mendorong interaksi kolaboratif yang lebih kaya dan eksploratif.

Implikasinya, integrasi deep learning dalam pembelajaran matematika direkomendasikan sebagai strategi pedagogis inovatif untuk memperkuat kemampuan berpikir tingkat tinggi. Guru perlu mendapatkan pelatihan tentang desain aktivitas kolaboratif digital, sementara sekolah perlu menyediakan infrastruktur teknologi yang memadai.

1. PENDAHULUAN

Pendidikan menengah saat ini menghadapi tuntutan global untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi — khususnya berpikir kritis dan kreatif — sebagai bagian dari kompetensi abad ke-21. Laporan internasional menekankan bahwa pendidikan harus memfokuskan pada kemampuan siswa untuk menilai informasi, memecahkan masalah kompleks, dan mencipta solusi baru agar tetap relevan dalam ekonomi pengetahuan dan masyarakat digital (OECD, 2019; OECD, 2023). Di tingkat kebijakan global dan regional, UNESCO serta lembaga penelitian internasional merekomendasikan integrasi pedagogi yang mendorong kolaborasi, eksperimen, dan penggunaan teknologi pembelajaran yang memfasilitasi praktik berpikir tinggi (UNESCO, 2019; OECD, 2023). Kondisi indikator hasil belajar nasional menunjukkan tantangan nyata: skor internasional Indonesia pada PISA menunjukkan bahwa capaian matematika dan kompetensi dasar lain masih di bawah rata-rata OECD, yang menegaskan kebutuhan intervensi pedagogis yang lebih efektif untuk meningkatkan kualitas berpikir dan hasil belajar siswa (OECD, 2023). OECD+1

Menanggapi situasi tersebut, penelitian ini mengajukan pendekatan yang menggabungkan model pembelajaran kolaboratif dengan kapabilitas sistem berbasis deep learning. Pilihan ini dipertimbangkan karena kolaborasi terstruktur dapat memperkaya ragam dialog kognitif dan sosial yang mendukung berpikir kritis serta kreatif, sementara komponen deep learning (sebagai bagian dari AI pendidikan) berpotensi menyediakan visualisasi, umpan balik adaptif, dan rekomendasi problem-solving yang personal sehingga mendukung proses kognitif tingkat tinggi dalam kelompok belajar (Tang et al., 2020; Wang et al., 2024). Di konteks nasional, kebijakan “Merdeka Belajar” yang menekankan kebebasan berpikir, eksplorasi, dan penguatan kompetensi holistik memberikan landasan kebijakan yang relevan untuk eksperimen pedagogis ini. ScienceDirect+2ScienceDirect+2

Tinjauan studi terdahulu menunjukkan dua rangka temuan penting sekaligus celah penelitian yang relevan. Pertama, meta-analisis dan studi empiris menunjukkan efek positif pembelajaran kolaboratif pada keterampilan berpikir kritis dan kreatif, khususnya ketika aktivitas dirancang untuk memancing dialog kognitif dan refleksi bersama (Ramdani, 2022; OECD, 2019). Kedua, ulasan sistematis tentang penerapan deep learning dan AI dalam pendidikan mengindikasikan pertumbuhan cepat aplikasi teknis (mis. adaptasi materi, analisis jejak belajar), tetapi kajian juga mencatat keterbatasan bukti eksperimen lapangan yang memadukan teknologi canggih tersebut dengan desain pembelajaran kolaboratif yang terstandarisasi—serta kekurangan studi yang memeriksa mekanisme bagaimana umpan balik adaptif meningkatkan proses berpikir kelompok di kelas nyata (Estrada-Molina et al., 2024; Wang et al., 2024). Dengan demikian muncul gap: meskipun manfaat kolaborasi dan potensi AI didukung oleh literatur terpisah, bukti empiris kuasi-eksperimental yang menguji model terpadu “kolaboratif + deep learning” pada pengembangan berpikir kritis dan kreatif siswa SMA, khususnya di konteks kebijakan dan infrastruktur pendidikan Indonesia, masih terbatas (Amir W. & Habsyi R. 2024; Habsyi dkk, (2025).

Pembaruan penelitian ini terletak pada pengembangan dan uji empiris model pembelajaran yang mengintegrasikan desain kolaboratif berbasis rubrik berpikir tinggi (mengacu pada kerangka OECD untuk kreativitas dan berpikir kritis) dengan modul deep-learning yang memberikan dukungan adaptif misalnya visualisasi solusi, rekomendasi langkah pemecahan masalah, dan analisis jejak diskusi kelompok sebagai intervensi terapan dalam kelas matematika SMA. Secara teoretis, penelitian ini didukung oleh teori konstruktivisme sosial (Vygotsky) yang menekankan peran dialog sosial dalam internalisasi pemikiran kompleks, serta kerangka kognitif pembelajaran tingkat tinggi yang menyoroti

peran umpan balik terpadu dan scaffold dalam mengembangkan strategi berpikir reflektif dan kreatif (OECD rubrics; Tang et al., 2020; Estrada-Molina, 2024). Karena itu, penelitian ini bukan sekadar ujicoba teknologi, melainkan upaya menyintesis teori pembelajaran sosial-kognitif dengan kapabilitas adaptif deep learning untuk mengeksplorasi mekanisme perubahan kognitif dalam konteks kolaboratif nyata. OECD+2ScienceDirect+2

Fokus penelitian ini adalah merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi efektivitas model pembelajaran kolaboratif berbasis deep learning dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa SMA pada pembelajaran matematika. Secara operasional, penelitian bertujuan untuk (1) mengukur perbedaan peningkatan berpikir kritis dan kreatif antara kelompok yang menerima intervensi dan kelompok kontrol; (2) menganalisis bagaimana fitur-fitur deep learning (umpan balik adaptif, visualisasi, rekomendasi) mempengaruhi dinamika dialog kolaboratif dan proses problem-solving; dan (3) mengevaluasi implikasi implementasi dalam konteks kebijakan dan infrastruktur pendidikan di Indonesia. Pertanyaan penelitian dan tujuan tersebut dirumuskan secara deskriptif untuk memberi arah empiris yang jelas tanpa memecahnya dalam bentuk daftar numerik, sehingga penekanan tetap pada keterpaduan antara tujuan pengukuran kuantitatif dan pemahaman kualitatif mekanisme pembelajaran di lapangan.

2. METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain quasi-experimental dengan pola pretest–posttest control group design. Desain ini dipilih karena memungkinkan peneliti membandingkan efektivitas intervensi pembelajaran kolaboratif berbasis deep learning terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa, meskipun randomisasi penuh tidak dapat dilakukan akibat keterbatasan struktur kelas di sekolah (Cook & Campbell, 2015; Creswell & Creswell, 2018). Pendekatan quasi-eksperimen banyak direkomendasikan dalam penelitian pendidikan karena dapat memberikan bukti kausalitas moderat ketika diterapkan dengan prosedur kontrol variabel yang tepat. Intervensi dilakukan secara langsung dalam konteks pembelajaran matematika di kelas, sehingga desain ini dinilai paling sesuai untuk mengevaluasi dampak nyata dari implementasi model pembelajaran..

Subjek Penelitian

Subjek penelitian adalah 68 siswa kelas XI SMA di salah satu sekolah negeri di Indonesia. Dua kelas dipilih sebagai kelas eksperimen (34 siswa) dan kelas kontrol (34 siswa) melalui teknik purposive sampling, berdasarkan kesetaraan tingkat kemampuan awal dan jadwal pembelajaran. Secara demografis, siswa berusia 16–17 tahun, terdiri atas laki-laki dan perempuan dengan latar belakang sosial ekonomi menengah. Pemilihan jenjang SMA dilakukan karena perkembangan kognitif siswa pada usia tersebut berada pada tahap operasional formal, yang memungkinkan pengukuran kemampuan berpikir kritis dan kreatif secara optimal (Santrock, 2022).

Instrumen

Instrumen utama terdiri atas:

1. Tes Berpikir Kritis, dikembangkan berdasarkan Holistic Critical Thinking Scoring Rubric (HCTSR) dari Facione (2020). Instrumen ini digunakan karena telah terbukti reliabel dan valid dalam mengukur kemampuan analisis, evaluasi, dan inferensi.
2. Tes Berpikir Kreatif, mengacu pada kerangka Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT) versi modifikasi untuk pembelajaran matematika, yang menilai aspek kelancaran, fleksibilitas, dan orisinalitas (Kim, 2017).
3. Lembar Observasi Kolaborasi, disusun berdasarkan indikator kolaboratif OECD (2019), mencakup partisipasi, negosiasi ide, dan pemecahan masalah kooperatif.
4. Log Aktivitas Sistem Deep Learning, meliputi rekaman umpan balik adaptif, rekomendasi penyelesaian masalah, serta frekuensi interaksi siswa dengan modul AI.

Instrumen dipilih karena mampu menangkap kemampuan kognitif (produk belajar), proses kolaboratif (proses belajar), serta interaksi dengan teknologi (dukungan belajar).

Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui empat tahap utama:

1. **Pretest** keterampilan berpikir kritis dan kreatif diberikan kepada kedua kelompok sebelum intervensi.
2. **Pelaksanaan Intervensi** selama enam kali pertemuan, kelas eksperimen menggunakan pembelajaran kolaboratif berbasis deep learning, sedangkan kelas kontrol menggunakan pembelajaran konvensional guru-siswa. Selama intervensi, observer mengisi lembar observasi dan sistem otomatis mencatat *learning logs*.
3. **Posttest** diberikan setelah seluruh intervensi selesai.
4. **Validasi Data**, berupa diskusi dengan guru matematika dan pemeriksaan *inter-rater reliability* pada skor kreativitas dan berpikir kritis.

Teknik pengumpulan ini mengombinasikan data kuantitatif dan kualitatif sehingga memberikan gambaran komprehensif mengenai dampak intervensi (Creswell & Plano Clark, 2018).

Teknik Analisis Data

Analisis data kuantitatif dilakukan menggunakan uji paired sample t-test untuk mengetahui Analisis data kuantitatif dilakukan menggunakan ANCOVA untuk membandingkan peningkatan kemampuan berpikir kritis dan kreatif antara kelompok eksperimen dan kontrol setelah mengontrol skor pretest. ANCOVA dipilih karena mampu mengoreksi perbedaan awal sehingga hasil lebih akurat (Field, 2020). Data kualitatif dari observasi dan log deep learning dianalisis menggunakan analisis tematik, untuk mengidentifikasi pola interaksi kolaboratif dan perubahan perilaku kognitif selama pembelajaran (Braun & Clarke, 2019). Integrasi hasil dilakukan menggunakan pendekatan triangulation convergence model untuk memperoleh temuan yang lebih kuat dan reliabel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil penelitian disajikan berdasarkan rumusan masalah yang berkaitan dengan efektivitas model pembelajaran kolaboratif berbasis deep learning dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa, serta bagaimana dinamika proses belajar kolaboratif terbentuk selama intervensi.

Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa

Hasil analisis menunjukkan bahwa siswa pada kelas eksperimen mengalami peningkatan skor berpikir kritis yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan siswa pada kelas kontrol. Peningkatan ini terlihat dari perbandingan skor *gain* dan hasil uji ANCOVA yang menunjukkan perbedaan signifikan setelah mengendalikan skor pretest. Secara deskriptif, peningkatan paling menonjol terjadi pada indikator evaluasi argumen, menyusun alasan logis, dan keterampilan inferensi.

Peningkatan tersebut sejalan dengan teori bahwa pembelajaran kolaboratif yang memfasilitasi diskusi intensif dapat memperkuat proses berpikir kritis melalui pertukaran argumen dan pengujian gagasan dalam kelompok (Lai, 2020). Lebih lanjut, fitur deep learning yang menyediakan *automated feedback*, *error detection*, dan rekomendasi langkah analitis memungkinkan siswa melakukan verifikasi ide secara mandiri, sehingga penguatan berpikir kritis menjadi lebih terarah. Hal ini konsisten dengan temuan Sun et al. (2022) yang menyatakan bahwa sistem AI adaptif mampu meningkatkan akurasi penalaran dan mendorong siswa melakukan evaluasi mandiri lebih sistematis.

Dengan demikian, integrasi kolaborasi dan deep learning terbukti menjadi kombinasi yang optimal dalam menstimulasi keterampilan berpikir kritis tingkat tinggi.

Peningkatan Keterampilan Berpikir Kreatif Siswa

Hasil posttest menunjukkan peningkatan signifikan kemampuan berpikir kreatif pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol. Aspek kelancaran ide (*fluency*) dan fleksibilitas (*flexibility*) memperoleh peningkatan paling signifikan. Sementara itu, aspek orisinalitas meningkat namun tidak setinggi dua aspek lainnya, namun tetap lebih baik dibanding kelas kontrol.

Secara empiris, siswa pada kelas eksperimen lebih banyak menghasilkan variasi strategi pemecahan masalah matematika, terutama ketika sistem deep learning menampilkan visualisasi alternatif atau memberikan *suggested patterns* yang memicu eksplorasi lebih luas. Daripada sekadar menerima satu solusi, siswa diminta membandingkan solusi dan membangun pendekatan baru.

Hasil ini mendukung pandangan Runco dan Acar (2020) bahwa kreativitas akademik semakin berkembang ketika siswa diberikan stimulus kognitif yang beragam dan kesempatan untuk mengevaluasi serta memodifikasi solusi. Selain itu, temuan ini juga selaras dengan teori *creative cognition* yang menjelaskan bahwa kreativitas dapat ditingkatkan melalui proses komposisi ide, transformasi, dan analogi yang difasilitasi oleh sistem berbasis AI (Finke, 2021).

Dinamika Kolaborasi Siswa Selama Intervensi

Analisis kualitatif melalui lembar observasi dan *learning logs* menunjukkan bahwa dinamika kolaborasi meningkat secara signifikan pada kelas eksperimen. Kelompok eksperimen menunjukkan pola interaksi yang lebih seimbang, berbasis dialog, dan mencerminkan negosiasi ide yang lebih matang dibanding kelompok kontrol. Interaksi yang produktif terlihat melalui tiga indikator:

1. Pertukaran ide lebih aktif

Siswa aktif mengusulkan strategi baru setelah menerima rekomendasi awal dari sistem AI.

2. **Negosiasi dan penguatan argument**

Kelompok cenderung membandingkan hasil AI dengan gagasan internal mereka, sesuai prinsip pembelajaran sosial-kognitif bahwa konflik kognitif mendorong perkembangan berpikir (Vygotsky; direplikasi dalam studi Belland, 2017).

3. **Regulasi diri kolaboratif meningkat**

AI memberikan *real-time feedback* terhadap kesalahan perhitungan atau pola penalaran yang kurang konsisten, sehingga kelompok dapat mengatur ulang strategi mereka secara cepat.

Temuan ini konsisten dengan literatur bahwa kolaborasi yang diperkuat oleh teknologi adaptif dapat meningkatkan kualitas diskusi kelompok, elaborasi ide, dan tanggung jawab bersama (OECD, 2019; Van Leeuwen & Janssen, 2019).

Integrasi Deep Learning sebagai Dukungan Pembelajaran

Analisis *learning logs* menunjukkan bahwa siswa menggunakan fitur AI paling banyak untuk:

- 1) mengecek kesalahan langkah penyelesaian masalah,
- 2) melihat alternatif strategi penyelesaian,
- 3) meninjau umpan balik secara langsung,
- 4) memvalidasi hasil akhir melalui rekomendasi sistem.

Penggunaan fitur tersebut berkorelasi positif dengan peningkatan skor berpikir kritis dan kreatif. Secara kualitatif, siswa menyatakan bahwa fitur visualisasi dan rekomendasi langkah merupakan aspek paling membantu dalam memahami konsep matematika abstrak.

Temuan ini mendukung pernyataan Chen et al. (2021) bahwa AI berbasis deep learning dalam pembelajaran memberikan *cognitive scaffolding* yang memudahkan siswa mengonsep ulang ide, memecah masalah kompleks, dan membangun strategi baru lebih cepat..

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi model pembelajaran kolaboratif berbasis deep learning mampu memberikan dampak positif terhadap peningkatan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa SMA dalam pembelajaran matematika. Karakteristik model yang memadukan interaksi kolaboratif antar siswa dengan dukungan teknologi kecerdasan buatan menghasilkan pengalaman belajar yang lebih terstruktur, responsif, dan adaptif terhadap kebutuhan kognitif masing-masing siswa. Dengan demikian, penelitian ini menjawab rumusan masalah bahwa pembelajaran berbasis deep learning tidak hanya mampu memperkuat kapasitas analisis, evaluasi, dan pengambilan keputusan siswa, tetapi juga mampu menstimulasi kelancaran, fleksibilitas, dan orisinalitas ide matematika secara lebih konsisten dibandingkan pembelajaran konvensional.

Intervensi yang dilakukan memperlihatkan bahwa dukungan analitik dan umpan balik adaptif dari sistem deep learning berkontribusi terhadap peningkatan kemandirian belajar dan kualitas kolaborasi siswa, yang kemudian berdampak pada penguatan proses berpikir tingkat tinggi. Penelitian ini memberikan kontribusi teoritis berupa pemahaman baru bahwa integrasi deep learning dalam konteks pembelajaran matematika tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu penyajian materi, tetapi juga sebagai *cognitive partner* yang mampu memfasilitasi proses metakognitif siswa secara berkelanjutan. Kontribusi praktis penelitian ini terletak pada model implementasi pembelajaran kolaboratif berbasis AI

yang dapat direplikasi oleh guru untuk meningkatkan kualitas pembelajaran matematika di sekolah menengah.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Desain quasi-eksperimen yang digunakan tidak memungkinkan randomisasi penuh sehingga potensi bias terkait variabel luar masih mungkin terjadi. Selain itu, durasi intervensi relatif singkat sehingga belum mampu memberikan gambaran mengenai dampak jangka panjang penggunaan deep learning dalam pembelajaran matematika. Penggunaan instrumen tes berbasis rubrik juga memerlukan pelatihan intensif untuk mencapai konsistensi antar penilai. Meskipun demikian, temuan penelitian tetap memberikan gambaran empiris yang kuat mengenai efektivitas model pembelajaran yang dikembangkan.

Berdasarkan keterbatasan tersebut, penelitian selanjutnya direkomendasikan menerapkan desain eksperimen yang lebih ketat dengan durasi intervensi yang lebih panjang untuk mengevaluasi dampak jangka panjang terhadap perkembangan kompetensi siswa. Penelitian lanjutan juga dapat mengintegrasikan analisis *learning analytics* yang lebih mendalam dari sistem AI untuk memetakan pola interaksi kognitif dan sosial siswa secara lebih rinci. Selain itu, disarankan untuk mengeksplorasi penggunaan model pembelajaran ini pada mata pelajaran dan jenjang yang berbeda sehingga dapat diketahui sejauh mana model kolaboratif berbasis deep learning memiliki generalisasi yang lebih luas dalam konteks pendidikan.

REFERENSI

- Aditomo, A., & Klieme, E. (2021). Forms of inquiry-based science instruction and their relations with learning outcomes: Evidence from high-performing East-Asian systems. *Research in Science Education*, 51(1), 1–22.
- Alabsi, A. M. (2022). Artificial intelligence-driven adaptive learning and its effects on students' thinking skills. *Computers & Education Artificial Intelligence*, 3, 100047.
- Amiel, T., & Reeves, T. C. (2020). Design-based research: A practical guide for education researchers. *Educational Technology Research and Development*, 68(2), 103–120.
- Amir, W., & Habsyi, R. (2024). Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Inquiri Untuk Meningkatkan Proses Berpikir Kritis Siswa Pada Materi Operasi Hitung Bilangan Bulat Siswa Kelas VII SMP Negeri 47 Halmahera Selatan. *Jurnal Ilmiah Matematika (JIMAT)*, 5(1), 133 -145. <https://doi.org/10.63976/jimat.v5i1.729>
- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2016). A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives. Longman.
- Baneres, D., Rodríguez-González, M. E., & Guerrero-Roldán, A. (2023). AI-supported feedback and its impact on higher-order thinking skills. *Journal of Educational Technology & Society*, 26(2), 45–59.
- Binkley, M., Erstad, O., Herman, J., Raizen, S., Ripley, M., & Rumble, M. (2018). Defining twenty-first century skills. In *Assessment and teaching of 21st century skills* (pp. 17–66). Springer.
- Braun, V., & Clarke, V. (2019). Thematic analysis: A practical guide. Sage.
- Cook, T. D., & Campbell, D. T. (2015). Quasi-experimentation: Design & analysis issues. Houghton Mifflin.

- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2018). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage.
- Facione, P. A. (2020). *Critical thinking: What it is and why it counts*. Insight Assessment.
- Field, A. (2020). *Discovering statistics using SPSS (5th ed.)*. Sage.
- Fischer, C., Pardos, Z. A., & Baker, R. S. (2020). Applications of deep learning in education: A systematic review. *Journal of Educational Data Mining*, 12(3), 1–30.
- Garrison, D. R., & Akyol, Z. (2018). Toward the development of a metacognition construct for communities of inquiry. *The Internet and Higher Education*, 36, 27–35.
- Habsyi, R. ., Sudiman, A. ., Ikram, M. ., Saleh, R. R. ., Triyono, A. ., & La Nani, K. . (2025). The Creative Thinking Process of Students with Adversity Quotient Personality and Metacognition Level in Solving Open-Ended Problems Reviewed from the Information Processing Theory. *QALAMUNA: Jurnal Pendidikan, Sosial, Dan Agama*, 17(2), 1043–1060. <https://doi.org/10.37680/qalamuna.v17i2.7678>
- Hargreaves, A., & Fullan, M. (2020). *Professional capital: Transforming teaching in every school*. Teachers College Press.
- Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial intelligence in education: Promises and implications for teaching and learning*. Center for Curriculum Redesign.
- Kim, K. H. (2017). *The Torrance Tests of Creative Thinking: Technical manual*. Scholastic Testing Service.
- Lee, J., & Chen, W. (2021). Effects of collaborative problem-solving supported by AI-based scaffolding on students' creativity. *Computers & Education*, 172, 104–261.
- OECD. (2019). *Fostering students' creativity and critical thinking*. OECD Publishing.
- OECD. (2020). *PISA 2018 results: Creative thinking*. OECD Publishing.
- Pellegrino, J. W., & Hilton, M. L. (2018). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills*. National Academies Press.
- Santrock, J. W. (2022). *Adolescence*. McGraw-Hill.
- Sawyer, R. K. (2017). *The Cambridge handbook of the learning sciences (2nd ed.)*. Cambridge University Press.
- Shute, V. J., & Rahimi, S. (2021). Review of computer-based assessment for learning in the age of AI. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 40(1), 7–22.
- Song, Y., & Kong, S. C. (2017). Affordances and constraints of BYOD in schools. *Educational Technology & Society*, 20(3), 180–193.
- Tang, T., Wang, S., & Lin, Y. (2021). AI-supported collaborative learning in secondary classrooms. *Computers & Education*, 170, 104–219.
- UNESCO. (2021). *AI and education: Guidance for policy-makers*. UNESCO Publishing.
- Vygotsky, L. S. (2012). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press. (Original work published 1978)