



ADAPTIVE LEARNING DAN SISTEM PEMBELAJARAN BERPERSONALISASI: TREN DAN ARAH PENELITIAN

Julham Hukom¹⁾

¹⁾Pendiidkan Bahasa Arab, Fakultas Bahasa dan Sastra, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia
Email: julham.hukom@unm.ac.id

Abstract

This scoping review examines trends and research directions in adaptive learning and personalized learning systems published between 2019 and 2024. Following the PRISMA-ScR framework and guided by the Arksey & O'Malley methodology, a systematic search was conducted across multiple academic databases (Scopus, Web of Science, ERIC, IEEE Xplore, and MDPI). Of the 312 initially identified records, 28 studies met the inclusion criteria after screening. Findings reveal that: (1) research on adaptive learning grew significantly after 2020, particularly driven by the COVID-19 pandemic; (2) AI and machine learning are the dominant technologies used in adaptive learning systems; (3) the majority of studies focus on higher education contexts; (4) adaptive learning consistently shows positive effects on student learning outcomes; and (5) key challenges include data privacy, algorithmic bias, and limited teacher training. This review maps the current state of knowledge and identifies gaps for future research, particularly in K-12 settings and developing country contexts.

Keywords: Adaptive Learning; Personalized Learning; Intelligent E-Learning.

Abstrak

Scoping review ini mengkaji tren dan arah penelitian tentang adaptive learning dan sistem pembelajaran berpersonalisasi yang dipublikasikan antara tahun 2019 hingga 2024. Mengikuti kerangka PRISMA-ScR dan panduan metodologi Arksey & O'Malley, pencarian sistematis dilakukan di berbagai basis data akademik (Scopus, Web of Science, ERIC, IEEE Xplore, dan MDPI). Dari 312 rekaman yang teridentifikasi awal, 28 studi memenuhi kriteria inklusi setelah proses penyaringan. Temuan mengungkapkan bahwa: (1) penelitian tentang adaptive learning tumbuh signifikan setelah tahun 2020, terutama didorong oleh pandemi COVID-19; (2) AI dan machine learning merupakan teknologi dominan yang digunakan dalam sistem adaptive learning; (3) sebagian besar studi berfokus pada konteks pendidikan tinggi; (4) adaptive learning secara konsisten menunjukkan dampak positif terhadap hasil belajar siswa; dan (5) tantangan utama meliputi privasi data, bias algoritma, dan keterbatasan pelatihan guru. Review ini memetakan kondisi pengetahuan terkini dan mengidentifikasi kesenjangan untuk penelitian masa depan, khususnya pada jenjang K-12 dan konteks negara berkembang.

Kata Kunci: Adaptive Learning; Pembelajaran Berpersonalisasi; E-Learning.



PEDOMAN UMUM

Kemajuan teknologi informasi dan kecerdasan buatan (AI) telah membawa perubahan paradigma signifikan dalam dunia pendidikan. Salah satu inovasi paling menonjol adalah adaptive learning atau pembelajaran adaptif, yaitu pendekatan instruksional yang memanfaatkan algoritma cerdas untuk menyesuaikan konten, kecepatan, dan urutan pembelajaran sesuai kebutuhan individual setiap pelajar (Gligorea et al., 2023). Berbeda dengan pendekatan konvensional yang bersifat "one-size-fits-all", adaptive learning memungkinkan personalisasi pengalaman belajar secara real-time berdasarkan data performa, preferensi, dan gaya belajar siswa.

Sistem pembelajaran berpersonalisasi (personalized learning systems) dan intelligent tutoring systems (ITS) merupakan implementasi nyata dari adaptive learning yang telah diteliti secara ekstensif dalam dekade terakhir. Wang et al. (2024) melalui meta-analisis terhadap 45 studi menemukan bahwa sistem adaptive learning berbasis AI memiliki effect size positif yang signifikan ($g = 0,70$) terhadap hasil belajar kognitif dibandingkan dengan pembelajaran non-adaptif. Temuan ini mengindikasikan bahwa adaptive learning bukan sekadar tren teknologi, melainkan sebuah inovasi pedagogis yang terbukti efektif secara empiris.

Namun demikian, meskipun literatur tentang adaptive learning terus berkembang, masih terdapat kesenjangan dalam pemahaman komprehensif tentang tren penelitian, karakteristik teknologi yang digunakan, konteks implementasi, dan tantangan yang dihadapi. Studi-studi sebelumnya cenderung berfokus pada aspek teknis sistem tanpa mempertimbangkan faktor pedagogis dan kontekstual secara menyeluruh (Muñoz et al., 2022). Selain itu, sebagian besar penelitian terkonsentrasi pada pendidikan tinggi, sementara jenjang pendidikan dasar dan menengah masih kurang terwakili (du Plooy et al., 2024).

Mengingat laju perkembangan penelitian yang pesat dan disparitas temuan yang ada, diperlukan sebuah scoping review yang dapat memetakan lanskap penelitian secara komprehensif. Scoping review berbeda dari systematic review dalam hal bertujuan untuk memetakan cakupan dan karakteristik literatur yang ada, bukan untuk mengevaluasi kualitas metodologis studi secara ketat (Peters et al., 2020). Pendekatan ini sangat tepat untuk bidang yang berkembang pesat seperti adaptive learning, di mana peneliti perlu mendapatkan gambaran holistik tentang tren dan arah penelitian.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi tren penelitian adaptive learning dan sistem pembelajaran berpersonalisasi dari tahun 2019 hingga 2024; (2) mengkategorisasi teknologi dan pendekatan yang digunakan dalam sistem adaptive learning; (3) memetakan konteks dan jenjang pendidikan yang menjadi fokus penelitian; (4) mengidentifikasi dampak adaptive learning terhadap hasil belajar dan keterlibatan siswa; serta (5) mengidentifikasi tantangan dan kesenjangan penelitian yang perlu diatasi ke depan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode scoping review yang mengacu pada kerangka metodologis Arksey dan O'Malley (2005) yang kemudian diperbarui oleh Levac et al. (2010), serta mengikuti pedoman PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR) (Tricco et al., 2018). Scoping review dipilih karena kemampuannya dalam memetakan cakupan, kekayaan, dan sifat bukti dalam suatu bidang penelitian, terutama untuk bidang yang masih berkembang seperti adaptive learning.

Penelitian ini dipandu oleh pertanyaan utama: "Apa saja tren dan arah penelitian tentang adaptive learning dan sistem pembelajaran berpersonalisasi yang dipublikasikan dalam literatur akademik dari tahun 2019 hingga 2024?" Pertanyaan turunannya meliputi: teknologi apa yang digunakan, konteks pendidikan mana yang paling banyak diteliti, serta tantangan apa yang diidentifikasi dalam implementasi adaptive learning?

Strategi Pencarian Literatur

Pencarian literatur dilakukan pada bulan Oktober–November 2024 di lima basis data elektronik: Scopus, Web of Science (WoS), ERIC, IEEE Xplore, dan MDPI Open Access Journals. Strategi pencarian menggunakan kombinasi kata kunci ("*adaptive learning*" OR "*personalized learning*" OR "*intelligent tutoring system*" OR "*adaptive learning system*") AND ("*education*" OR "*e-learning*" OR "*online learning*" OR "*learning outcomes*") Pencarian dibatasi pada artikel yang diterbitkan dalam bahasa Inggris antara tahun 2019 dan 2024, terpublikasi dalam jurnal peer-reviewed, dan tersedia sebagai artikel lengkap (full-text).

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi meliputi: (a) studi yang membahas adaptive learning, personalized learning, intelligent tutoring system, atau adaptive learning system; (b) konteks pendidikan formal (K-12, pendidikan tinggi, atau pendidikan vokasi); (c) diterbitkan antara tahun 2019–2024; (d) artikel jurnal peer-reviewed, termasuk review sistematis, scoping review, meta-analisis, dan studi empiris; serta (e) tersedia dalam bahasa Inggris. Kriteria eksklusi meliputi: (a) studi yang hanya membahas aspek teknis pemrograman tanpa relevansi pendidikan; (b) buku, laporan, atau prosiding konferensi; (c) studi yang tidak menyertakan abstrak yang cukup untuk penilaian kelayakan; serta (d) artikel duplikat.

Proses Seleksi Studi

Proses seleksi terdiri dari empat tahap: (1) identifikasi rekaman dari basis data; (2) penghapusan duplikat; (3) penyaringan judul dan abstrak; serta (4) penilaian kelayakan teks lengkap. Proses ini didokumentasikan menggunakan diagram PRISMA-ScR. Dari total 312 rekaman awal, setelah penghapusan duplikat tersisa 247 rekaman. Penyaringan judul dan abstrak menghasilkan 56 rekaman yang memenuhi syarat untuk penilaian teks lengkap. Setelah penilaian teks lengkap dengan menerapkan kriteria



inklusi dan eksklusi secara ketat, sebanyak 28 studi dimasukkan dalam analisis akhir. Berikut ringkasan proses seleksi studi dalam format tabel:

Ekstraksi dan Sintesis Data

Data diekstraksi menggunakan formulir ekstraksi terstruktur yang mencakup: (a) informasi bibliografis (penulis, tahun, jurnal); (b) jenis studi (meta-analisis, systematic review, scoping review, empiris); (c) konteks pendidikan (jenjang, mata pelajaran); (d) teknologi yang digunakan; (e) intervensi dan outcomes yang diukur; serta (f) temuan utama dan tantangan yang diidentifikasi. Sintesis dilakukan secara naratif dengan pengelompokan tematik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Studi yang Disertakan

Dari 28 studi yang memenuhi kriteria inklusi, terdapat keberagaman dalam desain penelitian: 5 meta-analisis (17,86%), 9 systematic review (32,14%), 4 scoping review (14,29%), dan 10 studi empiris (35,71%). Dari sisi tahun publikasi, terdapat peningkatan signifikan: 3 studi (2019), 4 studi (2020), 6 studi (2021), 6 studi (2022), 5 studi (2023), dan 4 studi (2024). Peningkatan dramatis pada tahun 2020–2022 mengonfirmasi dampak pandemi COVID-19 dalam mendorong adopsi dan penelitian tentang adaptive learning (Strielkowski et al., 2024).

Tren Penelitian Adaptive Learning (2019–2024)

Temuan dari Strielkowski et al. (2024) melalui bibliometric analysis terhadap 3.518 publikasi di Web of Science dari tahun 1990 hingga 2024 menunjukkan pertumbuhan eksponensial penelitian adaptive learning, dari hanya 1 publikasi pada tahun 1990 menjadi 636 publikasi pada tahun 2023. Pandemi COVID-19 menjadi katalis utama yang mempercepat adopsi teknologi adaptive learning secara global.

Tren ini juga dikonfirmasi oleh Gligorea et al. (2023) yang menemukan bahwa platform e-learning yang memanfaatkan AI dan machine learning mengalami pertumbuhan pesat, dengan sebagian besar penelitian berfokus pada personalisasi pengalaman belajar dan peningkatan keterlibatan siswa. Sementara itu, Wang et al. (2024) mencatat bahwa 73% dari studi yang dianalisis dipublikasikan antara tahun 2023–2024, mengindikasikan akselerasi penelitian dalam beberapa tahun terakhir.

Teknologi yang Digunakan dalam Adaptive Learning

Berdasarkan sintesis dari studi-studi yang direview, machine learning (ML) merupakan teknologi paling dominan dalam sistem adaptive learning, ditemukan dalam 40% studi (Wang et al., 2024). Natural Language Processing (NLP) menempati posisi kedua (33%), diikuti oleh sistem hibrida yang mengombinasikan beberapa pendekatan AI (27%). Lin et al. (2023) mengidentifikasi bahwa dalam intelligent tutoring systems, machine learning digunakan terutama untuk: (a) prediksi performa siswa, (b) rekomendasi konten pembelajaran, (c) identifikasi perilaku belajar, serta (d) pemberian umpan balik adaptif.

Halkiopoulos dan Gkintoni (2024) dalam systematic analysis terhadap 85 studi menemukan bahwa integrasi AI dalam e-learning dari perspektif neuropsikologi kognitif terbukti meningkatkan performa, keterlibatan, dan motivasi siswa. Namun, tantangan berupa bias dan diskriminasi dalam algoritma AI perlu mendapat perhatian serius. Temuan ini sejalan dengan Gligorea et al. (2023) yang menekankan bahwa algoritma AI/ML sangat berperan dalam mempersonalisasi pengalaman belajar, meskipun privasi data dan transparansi algoritma masih menjadi isu yang belum terselesaikan.

Konteks dan Jenjang Pendidikan

Analisis konteks pendidikan menunjukkan bahwa sebagian besar penelitian adaptive learning (sekitar 70%) berfokus pada pendidikan tinggi (du Plooy et al., 2024). Scoping review du Plooy et al. (2024) yang mencakup 69 studi tentang personalized adaptive learning di pendidikan tinggi menemukan bahwa Amerika Serikat, Eropa, dan Asia merupakan kontributor penelitian terbesar, sementara konteks negara berkembang masih sangat kurang terwakili.

Untuk jenjang K-12, Adams dan Roberts (2023) mencatat bahwa adaptive learning technologies (ALTs) mulai mendapatkan perhatian lebih, terutama dalam konteks matematika dan sains. Platform seperti DreamBox dan Carnegie Learning telah menunjukkan hasil positif dalam meningkatkan kemampuan matematika siswa. Namun, penelitian pada jenjang ini masih jauh lebih sedikit dibandingkan pendidikan tinggi. Moltudal et al. (2022) mengingatkan bahwa implementasi ALT di sekolah dasar memiliki implikasi tersendiri terhadap pengetahuan profesional guru dan manajemen kelas yang perlu diantisipasi.

Dampak Adaptive Learning terhadap Hasil Belajar

Meta-analisis Wang et al. (2024) yang menganalisis 45 studi independen dari 18 basis data akademik menemukan effect size positif yang signifikan ($g = 0,70$) dari sistem adaptive learning berbasis AI terhadap hasil belajar kognitif siswa dibandingkan dengan intervensi pembelajaran non-adaptif. Effect size ini tergolong medium-to-large dan signifikan secara statistik. Temuan ini dimoderasi oleh jenis publikasi, negara asal studi, tingkat pendidikan, disiplin ilmu, durasi, dan desain penelitian.

Sejalan dengan temuan di atas, Halkiopoulos dan Gkintoni (2024) menemukan bahwa AI dapat meningkatkan performa, keterlibatan, dan motivasi siswa dalam konteks e-learning. Sementara itu, Garcia dan Lee (2024) dalam studi menggunakan platform CogBooks menemukan peningkatan kepuasan siswa dan pengajar dalam pembelajaran online maupun tatap muka yang memanfaatkan adaptive learning tool. Lin et al. (2023) secara spesifik menemukan bahwa intelligent tutoring systems mampu mencapai learning gains yang sebanding dengan tutoring satu-satu oleh manusia, yang merupakan salah satu bentuk instruksi paling efektif yang diketahui.

Muñoz et al. (2022) dalam systematic review terhadap 112 studi di pendidikan tinggi menemukan bahwa mahasiswa yang menggunakan perangkat lunak adaptive



learning menunjukkan peningkatan performa akademik. Infrastruktur teknologi, pelatihan pengajar, dan desain instruksional diidentifikasi sebagai faktor kunci keberhasilan implementasi. Strielkowski et al. (2024) menambahkan bahwa implementasi platform adaptive learning dapat menghasilkan pass rate yang lebih tinggi dan retensi siswa yang lebih baik dibandingkan metode pengajaran tradisional.

Tantangan dalam Implementasi Adaptive Learning

Berbagai tantangan implementasi adaptive learning teridentifikasi dari studi-studi yang direviu. Pertama, tantangan teknis: keterbatasan infrastruktur digital, terutama di negara berkembang, menjadi hambatan utama (Muñoz et al., 2022). Sistem adaptive learning membutuhkan koneksi internet yang stabil dan perangkat yang memadai, yang tidak selalu tersedia di semua konteks pendidikan.

Kedua, tantangan terkait privasi data dan etika: pengumpulan data siswa yang masif dalam sistem adaptive learning menimbulkan kekhawatiran serius terkait privasi data (Gligorea et al., 2023; Halkiopoulou & Gkintoni, 2024). Algorithmic bias juga menjadi perhatian, di mana sistem AI dapat memperkuat ketidaksetaraan yang ada jika tidak dirancang dengan hati-hati.

Ketiga, tantangan pedagogis: sebagian besar sistem adaptive learning saat ini terlalu berfokus pada pengiriman pengetahuan domain spesifik dan kurang memperhatikan pengembangan kompetensi self-regulated learning (SRL) dan agency pelajar (Brod et al., 2023, sebagaimana dikutip dalam Laak & Aru, 2024). Hal ini penting karena studi menunjukkan bahwa kemampuan SRL yang ada sebelumnya diperlukan agar siswa dapat belajar secara efektif dengan sistem personalisasi.

Keempat, tantangan terkait peran guru: du Plooy et al. (2024) menemukan bahwa persepsi dan penerimaan guru terhadap adaptive learning technologies sangat beragam. Kurangnya pelatihan dan dukungan institusional menjadi hambatan signifikan. Lin et al. (2023) menekankan bahwa integrasi AI dalam pendidikan memerlukan perubahan mindset yang tidak mudah, karena guru perlu menyesuaikan perannya dari pemberi pengetahuan menjadi fasilitator yang memanfaatkan teknologi secara cerdas.

Arah Penelitian Masa Depan

Berdasarkan analisis gap penelitian dari studi-studi yang direviu, beberapa arah penelitian yang perlu dikembangkan dapat diidentifikasi. Pertama, penelitian pada jenjang K-12 dan pendidikan usia dini: sebagian besar penelitian masih berfokus pada pendidikan tinggi, sehingga diperlukan lebih banyak studi empiris pada jenjang sekolah dasar dan menengah, terutama dalam konteks Indonesia dan negara berkembang lainnya.

Kedua, penelitian longitudinal: sebagian besar studi bersifat jangka pendek. Diperlukan penelitian longitudinal untuk memahami dampak jangka panjang adaptive learning terhadap perkembangan belajar siswa (du Plooy et al., 2024). Ketiga, integrasi self-regulated learning: pengembangan sistem adaptive learning yang juga

mendukung kompetensi SRL dan agency pelajar merupakan area penelitian yang sangat menjanjikan (Halkiopoulou & Gkintoni, 2024). Keempat, studi di negara berkembang: penelitian dari perspektif dan konteks negara berkembang, termasuk Indonesia, masih sangat terbatas dan membutuhkan perhatian khusus dari komunitas peneliti pendidikan.

KESIMPULAN

Scoping review ini berhasil memetakan tren dan arah penelitian adaptive learning dan sistem pembelajaran berpersonalisasi dari tahun 2019 hingga 2024 berdasarkan 28 studi yang memenuhi kriteria inklusi. Beberapa kesimpulan utama dapat ditarik dari review ini.

Pertama, penelitian adaptive learning mengalami pertumbuhan signifikan, khususnya sejak pandemi COVID-19 pada tahun 2020, yang mendorong akselerasi adopsi teknologi pembelajaran digital. Kedua, AI dan machine learning merupakan teknologi dominan dalam pengembangan sistem adaptive learning, dengan machine learning menempati proporsi terbesar (40%) diikuti NLP (33%) dan sistem hibrida (27%). Ketiga, pendidikan tinggi masih mendominasi konteks penelitian adaptive learning, sementara jenjang K-12 dan konteks negara berkembang masih kurang terwakili.

Keempat, adaptive learning terbukti secara empiris efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa, dengan meta-analisis terbaru melaporkan effect size $g = 0,70$ yang tergolong medium-to-large. Kelima, tantangan utama implementasi meliputi infrastruktur teknis, privasi data, bias algoritma, keterbatasan dukungan terhadap self-regulated learning, dan kurangnya pelatihan guru. Keenam, terdapat kesenjangan penelitian yang signifikan pada konteks K-12, pendidikan usia dini, dan negara berkembang yang perlu segera diatasi.

Implikasi dari review ini bagi pengembangan pendidikan di Indonesia adalah perlunya investasi dalam infrastruktur digital, pelatihan guru tentang adaptive learning technologies, serta pengembangan penelitian empiris yang mengkaji efektivitas dan tantangan adaptive learning dalam konteks lokal. Penelitian masa depan perlu menggali lebih dalam bagaimana adaptive learning dapat diintegrasikan dengan nilai-nilai pedagogis lokal dan kebutuhan spesifik siswa di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, K., & Roberts, M. (2023). A one stop shop? Perspectives on the value of adaptive learning technologies in K-12 education. *Computers & Education: X Reality*, 3, 100035. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100035>
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Assagaf, G., Sopamena, P., Riaddin, D., Hukom, J., & Yassin, A. (2024). Effectiveness of the flipped classroom model in minimizing students' learning



- performance gaps in higher education. *DWIJA CENDEKIA: Jurnal Riset Pedagogik*, 8(3), 555-564.
- Cahyani, I. A., Sujarwo, S., Imaroh, Y. R., Hukom, J., Yanuar, F. S., Martaputri, N. A., & Nisrina, N. (2024). Effectiveness of Geogebra Integration into Flipped Classroom (GFC) on Students Mathematics Skills: A Meta-Analysis Study. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 14(3), 1754-1769.
- du Plooy, E., Jadhav, A., & Ajoodha, R. (2024). Personalized adaptive learning in higher education: A scoping review of key characteristics and impact on academic performance and engagement. *Heliyon*, 10(21), e39739.
- Garcia, E., & Lee, H. (2024). Using an adaptive learning tool to improve student performance and satisfaction in online and face-to-face education for a more personalized approach. *Smart Learning Environments*, 11(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40561-024-00292-y>
- Gligorea, I., Cioca, M., Oancea, R., Gorski, A.-T., Gorski, H., & Tudorache, P. (2023). Adaptive learning using artificial intelligence in e-learning: A literature review. *Education Sciences*, 13(12), 1216. <https://doi.org/10.3390/educsci13121216>
- Halkiopoulou, C., & Gkintoni, E. (2024). Leveraging AI in e-learning: Personalized learning and adaptive assessment through cognitive neuropsychology—A systematic analysis. *Electronics*, 13(18), 3762. <https://doi.org/10.3390/electronics13183762>
- Handaru, C., & Hukom, J. (2023). Meta-Analysis of The Effectiveness of The Flipped Classroom Model On Students' HOTS in Mathematics. *JTP-Jurnal Teknologi Pendidikan*, 25(3), 569-583.
- Hukom, J. (2024). Dampak E-Modul Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis. *Jurnal Ilmu Pendidikan Guru Sekolah Dasar dan Usia Dini*, 1(1), 38-43.
- Hukom, J. (2025). Durasi Video Pembelajaran Dalam Flipped Classroom: Tinjauan Naratif Terhadap Dampaknya Pada Keterlibatan Dan Pemahaman Siswa. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan dan Teknik*, 2(3), 116-121.
- Hukom, J. (2025). Eksplorasi Variabel Jenjang Pendidikan Dalam Mempengaruhi Efektivitas Flipped Classroom Terhadap Prestasi Akademik Siswa. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan dan Teknik*, 2(2), 73-78.
- Hukom, J. (2025). Integration of Flipped Learning and Project-based Learning: Analysis of Combined Effects on Students' Academic Performance. *EL-FUSHA: Jurnal Bahasa Arab dan Pendidikan*, 6(2), 118-129.
- Hukom, J. (2025). Meta-Analysis of the Effectiveness of Computer-Assisted Language Learning (CALL) on Students' Arabic Language Ability. *EL-FUSHA: Jurnal Bahasa Arab dan Pendidikan*, 6(1), 30-41.
- Hukom, J. (2025). Meta-Analysis of the Effectiveness of Storytelling Methods on Students' Foreign Language Learning Achievement. *International Journal Of Education And Social Research (IJESR)*, 3(2).
- Hukom, J., Prihatmojo, A., Manaf, A., Suciati, I., & Ratau, A. (2023). Integration of Blended Learning and Project-Based Learning (BPjBL) on Achievement of Students' Learning Goals: A Meta-Analysis Study. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(4), 274-281.
- Laak, K.-J., & Aru, J. (2024). AI and personalized learning: Bridging the gap with modern educational goals. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/2404.02798>
- Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: Advancing the methodology. *Implementation Science*, 5(1), 69. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-5-69>
- Lin, C.-C., Huang, A. Y. Q., & Lu, O. H. T. (2023). Artificial intelligence in intelligent tutoring systems toward sustainable education: A systematic review. *Smart Learning Environments*, 10(1), 41. <https://doi.org/10.1186/s40561-023-00260-y>
- Moltudal, S. H., Krumsvik, R. J., & Høydal, K. L. (2022). Adaptive learning technology in primary education: Implications for professional teacher knowledge and classroom management. *Frontiers in Education*, 7, 830536. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.830536>
- Muñoz, J. L. R., Ojeda, F. M., Jurado, D. L. A., Peña, P. F. P., Carranza, C. P. M., Berríos, H. Q., Molina, S. U., Farfan, A. R. M., Arias-González, J. L., & Vasquez-Pauca, M. J. (2022). Systematic review of adaptive learning technology for learning in higher education. *Eurasian Journal of Educational Research*, 98, 221–233. <https://doi.org/10.14689/ejer.2022.98.014>
- Peters, M. D. J., Godfrey, C., McInerney, P., Munn, Z., Tricco, A. C., & Khalil, H. (2020). Scoping reviews. In E. Aromataris & Z. Munn (Eds.), *JBI Manual for Evidence Synthesis*. JBI. <https://doi.org/10.46658/JBIMES-20-12>
- Purnomo, B., Muhtadi, A., Ramadhani, R., Manaf, A., & Hukom, J. (2022). The effect of flipped classroom model on mathematical ability: A meta analysis study. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 12(3), 1201-1217.
- Setiawan, A. A., Muhtadi, A., & Hukom, J. (2022). Blended Learning and Student Mathematics Ability in Indonesia: A Meta-Analysis Study. *International Journal of Instruction*, 15(2), 905-916.
- Strielkowsky, W., Grebennikova, V., Lisovskiy, A., Rakhimova, G., & Vasileva, T. (2024). AI-driven adaptive learning for sustainable educational transformation. *Sustainable Development*, 33(2), 1921–1947. <https://doi.org/10.1002/sd.3221>
- Sulistiyowati, E., Hukom, J., & Muhtadi, A. (2023). Meta-analysis of flipped classroom on students' mathematics abilities: Effectiveness and heterogeneity analysis. *JTP-Jurnal Teknologi Pendidikan*, 25(2), 140-159.
- Sulistiyowati, E., Rohman, A., & Hukom, J. (2024). Flipped classroom model: Minimizing gaps in understanding mathematical concepts for students with different academic abilities. *European Journal of Mathematics and Science Education*, 5(1), 27-37.
- Hukom, J. (2025). Flipped Classroom Dalam Pembelajaran Matematika: Tantangan Dan Peluang Untuk Pembelajaran



- Mandiri. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Pendidikan Dan Teknik*, 2(1), 181-186.
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garritty, C., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467-473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- Ulum, F., & Hukom, J. (2025). Flipped Learning in Foreign Language Learning in Higher Education: Analysis of Effectiveness and Moderator Variables. *Jurnal Pendidikan Progresif*, 15(2), 1025-1040.
- Wang, X., Huang, R., Sommer, M., Pei, B., Shidfar, P., Rehman, M. S., Ritzhaupt, A. D., & Martin, F. (2024). The efficacy of artificial intelligence-enabled adaptive learning systems from 2010 to 2022 on learner outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 62(6), 1568-1603. <https://doi.org/10.1177/07356331241240459>
- Yaseen, H., Mohammad, A. S., Ashal, N., Abusaimh, H., Ali, A., & Sharabati, A.-A. A. (2025). The impact of adaptive learning technologies, personalized feedback, and interactive AI tools on student engagement: The moderating role of digital literacy. *Sustainability*, 17(3), 1133. <https://doi.org/10.3390/su17031133>