



# JURNAL BASICEDU

Volume 10 Nomor 1 Tahun 2026 Halaman 38 - 51

Research & Learning in Elementary Education

<https://jbasic.org/index.php/basicedu>



## Systematic Literature Review: Integrasi Adaptive Learning Environment dan Differentiated Instruction dalam Meningkatkan Computational Thinking dan Digital Literacy Siswa

Anisa Permata Sari<sup>1✉</sup>, Munir<sup>2</sup>, Wahyudin<sup>3</sup>

Pendidikan Ilmu Komputer, Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia<sup>1,2,3</sup>

E-mail: [anisaprmtaa18@upi.edu](mailto:anisaprmtaa18@upi.edu)<sup>1</sup>, [munir@upi.edu](mailto:munir@upi.edu)<sup>2</sup>, [wahyudin\\_sanusi@upi.edu](mailto:wahyudin_sanusi@upi.edu)<sup>3</sup>

### Abstrak

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi mendorong transformasi pembelajaran yang lebih adaptif dan personal, menjadikan computational thinking (CT) dan literasi digital sebagai kompetensi krusial abad ke-21. Penelitian ini bertujuan meninjau, mengevaluasi, dan mensintesis hasil penelitian mengenai integrasi adaptive learning environment dengan differentiated instruction (DI) dalam meningkatkan CT dan literasi digital siswa. Berbeda dengan review sebelumnya yang mengkaji adaptive learning atau differentiated instruction secara terpisah, SLR ini secara spesifik menganalisis sinergi integrasi keduanya untuk pengembangan CT dan literasi digital secara simultan. Metode Systematic Literature Review (SLR) dengan kerangka PRISMA digunakan melalui pencarian di Scopus, Web of Science, dan Google Scholar (2019–2025), menghasilkan 22 artikel yang dianalisis secara tematik. Hasil menunjukkan bahwa adaptive learning yang menyesuaikan konten dengan kebutuhan individual meningkatkan CT (berpikir algoritmik, abstraksi, pengenalan pola) dan literasi digital (penggunaan teknologi, evaluasi informasi, etika digital). Integrasi dengan differentiated instruction efektif mengakomodasi keberagaman gaya belajar dan meningkatkan engagement siswa. Namun, keterbatasan studi berskala kecil dan berjangka pendek menunjukkan perlunya penelitian eksperimental lebih luas untuk mengevaluasi dampak jangka panjang. Integrasi pendekatan ini ke dalam kurikulum dapat memperkuat efektivitas pembelajaran interaktif dan pengembangan kompetensi digital berkelanjutan.

**Kata Kunci:** *Adaptive Learning Environment, Differentiated Instruction, Berpikir Komputasional, Literasi Digital, Media Pembelajaran*

### Abstract

*The advancement of information and communication technology drives the transformation of learning toward more adaptive and personalized approaches, positioning computational thinking (CT) and digital literacy as crucial 21st-century competencies. This study aims to review, evaluate, and synthesize research findings on the integration of adaptive learning environments with differentiated instruction (DI) in enhancing students' CT and digital literacy. Unlike previous reviews that examined adaptive learning or differentiated instruction separately, this SLR specifically analyzes the synergistic integration of both approaches for simultaneous development of CT and digital literacy. A Systematic Literature Review (SLR) methodology with the PRISMA framework was employed through searches in Scopus, Web of Science, and Google Scholar (2019–2025), yielding 22 articles analyzed thematically. Results indicate that adaptive learning, which adjusts content to individual needs, enhances CT (algorithmic thinking, abstraction, pattern recognition) and digital literacy (technology use, information evaluation, digital ethics). Integration with differentiated instruction effectively accommodates diverse learning styles and increases student engagement. However, limitations of small-scale and short-term studies indicate the need for larger experimental research to evaluate long-term impacts. Integrating these approaches into curricula can strengthen the effectiveness of interactive learning and sustainable development of students' digital competencies.*

**Keywords:** *Adaptive Learning Environment, Differentiated Instruction, Computational Thinking, Digital Literacy, Learning Media*

Copyright (c) 2026 Anisa Permata Sari, Munir, Wahyudin

✉ Corresponding author :

Email : [anisaprmtaa18@upi.edu](mailto:anisaprmtaa18@upi.edu)

DOI : <https://doi.org/10.31004/basicedu.v10i1.10815>

ISSN 2580-3735 (Media Cetak)

ISSN 2580-1147 (Media Online)

Jurnal Basicedu Vol 10 No 1 Tahun 2026  
p-ISSN 2580-3735 e-ISSN 2580-1147

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) telah membawa perubahan signifikan dalam dunia pendidikan, terutama dalam menciptakan lingkungan belajar yang lebih cerdas, adaptif, dan kontekstual. Konsep smart learning environment memungkinkan pembelajaran berlangsung secara personal karena sistem pembelajaran dapat menyesuaikan diri dengan kebutuhan, kemampuan, dan konteks peserta didik (Hwang, 2014). Sejalan dengan itu, pendekatan personalized adaptive learning muncul sebagai model pedagogis inovatif yang mendukung proses belajar yang fleksibel, cerdas, dan responsif terhadap perbedaan individu (Peng et al., 2019).

Dalam konteks abad ke-21, keterampilan computational thinking (CT) dan literasi digital menjadi kompetensi penting yang harus dikuasai siswa. UNESCO (2018) menegaskan bahwa literasi digital merupakan kemampuan fundamental untuk mengakses, mengelola, memahami, mengintegrasikan, mengomunikasikan, mengevaluasi, dan menciptakan informasi secara aman melalui teknologi digital. CT mencakup kemampuan berpikir algoritmik, pemecahan masalah, abstraksi, serta pengenalan pola, yang dapat diterapkan melalui berbagai strategi pembelajaran baik plugged maupun unplugged (Acevedo-Borrega et al., 2021).

Meskipun pentingnya CT dan literasi digital telah diakui secara luas, praktik pembelajaran di banyak sekolah masih mengandalkan media konvensional yang cenderung seragam, sehingga kurang mampu mengakomodasi perbedaan gaya belajar maupun tingkat kemampuan siswa. Data dari Programme for International Student Assessment (PISA) 2022 menunjukkan bahwa Indonesia berada pada peringkat 67 dari 81 negara dalam literasi matematika dengan skor 366, masih di bawah rata-rata OECD sebesar 472 (OECD, 2023).

Siswa memiliki preferensi belajar visual, auditori, maupun kinestetik, yang membutuhkan strategi diferensiasi dalam penyampaian materi (Dharmayanti & Nurcahyo, 2021). Kondisi ini mengindikasikan perlunya strategi pembelajaran yang lebih responsif dan personal dalam mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi siswa, termasuk CT.

Paradigma adaptive learning menawarkan pendekatan yang menyesuaikan konten, aktivitas, dan tingkat kesulitan berdasarkan kebutuhan individu. Rincon-Flores et al. (2024) dalam penelitian kuasi-eksperimental mereka menemukan bahwa strategi adaptive learning berbasis gamifikasi secara signifikan meningkatkan capaian akademik mahasiswa teknik, dengan kelompok eksperimen menunjukkan skor rata-rata lebih tinggi dibanding kelompok kontrol.

Contrino et al. (2024) melalui systematic review terhadap 39 studi menemukan bahwa adaptive learning environments memberikan dampak positif pada pengalaman belajar dan hasil akademik mahasiswa, dengan efektivitas tertinggi pada pembelajaran sains dan teknologi. El-Sabagh (2021) juga membuktikan bahwa sistem e-learning adaptif berbasis gaya belajar meningkatkan keterlibatan peserta didik dibandingkan pembelajaran tradisional yang homogen.

Dalam konteks pendidikan Indonesia, penelitian mengenai computational thinking dan diferensiasi pembelajaran menunjukkan perkembangan signifikan. Kurniawan et al. (2025) mengidentifikasi bahwa pembelajaran digital yang disesuaikan dengan kebutuhan individu melalui pendekatan differentiated instruction mampu meningkatkan keterampilan berpikir komputasional siswa secara signifikan. Studi ini memberikan bukti empiris bahwa diferensiasi konten, proses, dan produk pembelajaran dapat mengakomodasi keberagaman kemampuan siswa dalam mengembangkan CT.

Harmini et al. (2024) mengembangkan media pembelajaran matematika mobile berbasis differentiated instruction yang terbukti valid dan praktis, meskipun evaluasi dampaknya terhadap kompetensi spesifik seperti CT masih terbatas. Najmah et al. (2024) juga menunjukkan bahwa media pembelajaran interaktif berbasis

diferensiasi memiliki tingkat validitas tinggi dan berpotensi meningkatkan pemahaman konsep matematis siswa.

Meskipun penelitian-penelitian sebelumnya telah mengeksplorasi adaptive learning dan differentiated instruction secara terpisah, masih terdapat gap dalam literatur terkait integrasi sistematis kedua pendekatan tersebut untuk pengembangan CT dan literasi digital secara bersamaan. Penelitian Rincon-Flores et al. (2024) dan Contrino et al. (2024) berfokus pada capaian akademik umum di pendidikan tinggi, sementara studi Kurniawan et al. (2025), Harmini et al. (2024), dan Najmah et al. (2024) lebih menekankan pada validasi media dan implementasi di domain spesifik seperti matematika. Belum ada systematic literature review yang secara komprehensif menganalisis bagaimana integrasi Adaptive Learning Environment dan Differentiated Instruction dapat secara sinergis meningkatkan dua kompetensi krusial abad ke-21, computational thinking dan literasi digital khususnya dalam konteks pendidikan dasar dan menengah.

Oleh karena itu, penelitian ini dirancang untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan melakukan systematic literature review yang menganalisis integrasi Adaptive Learning Environment dan Differentiated Instruction dalam konteks pembelajaran abad ke-21, dengan fokus spesifik pada peningkatan keterampilan computational thinking dan literasi digital siswa secara simultan. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam (1) menyintesis temuan penelitian terdahulu terkait pengembangan media pembelajaran interaktif yang responsif terhadap kebutuhan siswa; (2) mengidentifikasi best practices dalam implementasi pendekatan terintegrasi; serta (3) menjadi referensi bagi guru dan pengembang kurikulum dalam merancang strategi pembelajaran yang adaptif dan berdiferensiasi untuk mengembangkan kompetensi digital dan computational thinking siswa.

## METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan Systematic Literature Review (SLR) mengacu pada pedoman PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) untuk memperoleh pemahaman komprehensif mengenai integrasi Adaptive Learning Environment dan Differentiated Instruction dalam meningkatkan Computational Thinking dan literasi digital siswa. Pencarian literatur dilakukan pada tiga basis data, yaitu Scopus (8 artikel), Web of Science (6 artikel), dan Google Scholar (8 artikel), menghasilkan total 22 artikel yang dianalisis. Scopus dan Web of Science dipilih sebagai database terindeks internasional dengan sistem peer-review ketat untuk memastikan kualitas akademik, sementara Google Scholar ditambahkan untuk memperluas cakupan literatur, termasuk publikasi jurnal nasional terakreditasi dan proceeding konferensi relevan dengan konteks pendidikan Indonesia.

Rentang waktu publikasi ditetapkan 2019-2025 untuk memastikan relevansi dengan perkembangan teknologi dan pedagogi terkini. Kata kunci yang digunakan mencakup kombinasi Boolean operator, yaitu "adaptive learning environment", "differentiated instruction", "computational thinking", "digital literacy", "personalized learning", "adaptive learning system", dan "differentiated digital learning", disesuaikan dengan fitur masing-masing basis data.

Kriteria inklusi meliputi (1) artikel jurnal peer-reviewed, systematic review, dan proceeding konferensi internasional; (2) fokus pada pendidikan dasar, menengah, dan tinggi yang relevan dengan CT dan literasi digital; (3) publikasi dalam bahasa Inggris dan Indonesia; (4) jurnal terindeks Scopus, Web of Science, atau terakreditasi Sinta; (5) studi empiris (eksperimen, kuasi-eksperimen, mixed-method, R&D), systematic review, meta-analisis, dan kajian konseptual relevan. Kriteria eksklusi meliputi (1) artikel yang tidak membahas adaptive learning atau differentiated instruction secara eksplisit; (2) publikasi tidak terkait CT atau literasi digital; (3) artikel duplikat atau versi preprint tanpa peer-review; (4) studi yang hanya fokus pada aspek teknis sistem tanpa evaluasi pedagogis; (5) publikasi di luar rentang waktu 2019-2025.

- 41 *Systematic Literature Review: Integrasi Adaptive Learning Environment dan Differentiated Instruction dalam Meningkatkan Computational Thinking dan Digital Literacy Siswa – Anisa Permata Sari, Munir, Wahyudin*  
DOI: <https://doi.org/10.31004/basicedu.v10i1.10815>

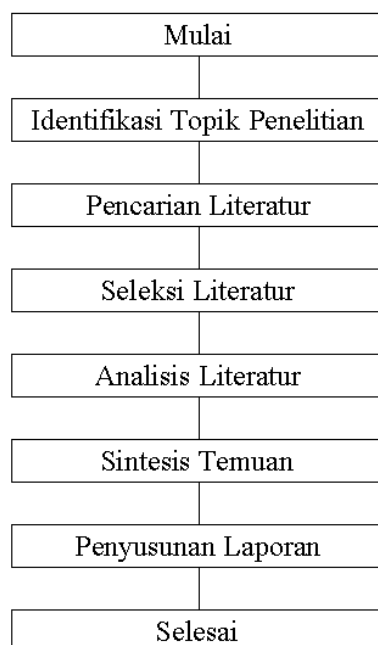
Seleksi artikel dilakukan dalam empat tahap PRISMA, yaitu (1) identifikasi: pencarian awal menghasilkan 156 artikel; (2) screening: penghapusan duplikasi menggunakan Mendeley menghasilkan 98 artikel unik; (3) eligibility: penilaian berdasarkan kriteria inklusi/eksklusi melalui pembacaan abstrak dan full-text menghasilkan 35 artikel; (4) included: penilaian kualitas final menghasilkan 22 artikel untuk dianalisis.

Kriteria penilaian kualitas studi meliputi (1) kejelasan metodologi dan desain penelitian; (2) validitas dan reliabilitas instrumen pengukuran; (3) kesesuaian analisis data dengan tujuan penelitian; (4) kedalaman pembahasan terkait CT dan literasi digital; (5) kontribusi teoritis atau praktis terhadap integrasi adaptive learning dan differentiated instruction.

Analisis data dilakukan melalui content analysis dan thematic synthesis untuk mengidentifikasi pola, tema, dan temuan utama. Setiap artikel ditelaah mencakup (1) metodologi penelitian; (2) desain dan karakteristik sistem adaptif atau media pembelajaran; (3) strategi diferensiasi (konten, proses, produk, lingkungan belajar); (4) instrumen pengukuran CT dan literasi digital; (5) hasil implementasi dan efektivitas intervensi; serta (6) kelebihan dan keterbatasan pendekatan.

Proses coding dilakukan untuk mengkategorikan temuan berdasarkan dimensi pembelajaran adaptif, jenis diferensiasi, komponen CT (dekomposisi, pengenalan pola, abstraksi, algoritma), dan aspek literasi digital (literasi informasi, teknologi, media). Sintesis temuan dilakukan secara naratif dengan mengintegrasikan hasil analisis untuk menjawab pertanyaan penelitian, mengidentifikasi (1) tren perkembangan penelitian; (2) efektivitas berbagai pendekatan dalam meningkatkan CT dan literasi digital; (3) tantangan dan hambatan implementasi; serta (4) rekomendasi untuk penelitian dan praktik pembelajaran masa depan.

Untuk memastikan transparansi dan kemudahan replikasi, seluruh temuan disajikan dalam tabel ringkasan yang mencakup penulis dan tahun publikasi, judul artikel, jenis penelitian dan metodologi, temuan utama terkait CT dan literasi digital, serta kelebihan dan keterbatasan. Skema alur penelitian secara keseluruhan disajikan dalam Gambar 1 yang mengilustrasikan tahapan sistematis dari identifikasi topik hingga penyusunan laporan akhir sesuai pedoman PRISMA.



**Gambar 1. Flowchart**

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan proses seleksi dan analisis literatur yang sistematis, diperoleh 22 artikel yang secara langsung membahas pengembangan Adaptive Learning Environment (ALE) dengan pendekatan Differentiated Instruction (DI) untuk meningkatkan Computational Thinking (CT) dan Digital Literacy (DL). Artikel-artikel yang dikaji mencakup berbagai jenis penelitian dengan metodologi yang beragam, mulai dari systematic literature review (5 artikel), scoping review (1 artikel), kajian konseptual (3 artikel), research and development/R&D (5 artikel), hingga penelitian eksperimental dan mixed-method (8 artikel).

Dari 22 artikel yang dianalisis, distribusi fokus penelitian berdasarkan jenjang pendidikan menunjukkan pola sebagai berikut, pendidikan tinggi/universitas (9 artikel, 41%), pendidikan menengah/SMP-SMA (6 artikel, 27%), pendidikan dasar/SD (3 artikel, 14%), dan kajian lintas jenjang atau konseptual tanpa fokus jenjang spesifik (4 artikel, 18%). Data ini mengindikasikan bahwa penelitian tentang ALE dan DI masih didominasi oleh konteks pendidikan tinggi, sementara implementasi di pendidikan dasar dan menengah masih relatif terbatas.

Analisis domain mata pelajaran mengungkapkan bahwa mayoritas penelitian terkonsentrasi pada mata pelajaran STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) dengan 14 artikel (64%), diikuti oleh kajian umum lintas mata pelajaran (5 artikel, 23%), bahasa dan literasi (2 artikel, 9%), dan seni serta humaniora (1 artikel, 4%). Dominasi penelitian pada domain STEM menunjukkan kesesuaian natural antara computational thinking dengan karakteristik pemecahan masalah dalam sains dan matematika, namun juga mengindikasikan kesenjangan penelitian pada domain non-STEM.

Penelitian yang dikaji berasal dari berbagai konteks geografis, yaitu Indonesia (8 artikel, 36%), Amerika Serikat dan Eropa (7 artikel, 32%), Asia lainnya termasuk China, Korea, dan Filipina (5 artikel, 23%), serta kajian internasional multi-negara (2 artikel, 9%). Representasi signifikan dari konteks Indonesia dalam review ini memberikan wawasan penting tentang implementasi ALE dan DI dalam sistem pendidikan lokal, meskipun mayoritas penelitian Indonesia masih pada tahap pengembangan desain tanpa evaluasi dampak jangka panjang.

Dari perspektif metodologi, artikel terpilih menunjukkan keragaman desain penelitian, yaitu kuasi-eksperimen dan eksperimen kuantitatif (6 artikel, 27%), mixed-method yang mengombinasikan pendekatan kuantitatif dan kualitatif (4 artikel, 18%), research and development dengan model ADDIE, Waterfall, atau Borg & Gall (5 artikel, 23%), systematic review dan meta-analisis (5 artikel, 23%), serta kajian literatur konseptual (2 artikel, 9%). Keberagaman metodologi ini memberikan perspektif komprehensif dari pengembangan teoritis hingga validasi empiris.

Tabel 1 menyajikan sintesis lengkap karakteristik, temuan utama, dan kontribusi masing-masing artikel terhadap tema penelitian.

**Tabel 1. Sintesis Artikel Terpilih**

No.	Nama Penulis	Jenis Penelitian	Hasil Penelitian	Kelebihan	Keterbatasan
1	Setiawati et al. (2024)	Systematic Literature Review (SLR)	Lingkungan adaptif meningkatkan keterampilan interpersonal, motivasi, dan performa akademik.	Gambaran komprehensif tren riset adaptive learning.	Tidak ada eksperimen langsung.
2	Acevedo-Borrega et al. (2021)	Scoping Review (PRISMA-ScR)	Menghasilkan peta riset CT berdasarkan strategi dan pendekatan metodologis.	Review komprehensif CT terkini.	Tidak ada studi empiris.
3	Moon et al. (2020)	Kajian literatur konseptual	Framework CT adaptif berbasis OER dengan pendekatan diferensiasi.	Landasan teoritis kuat antara CT dan literasi digital.	Belum diuji empiris.
4	Peng et al. (2019)	Analisis konseptual & pengembangan framework	Framework adaptive learning terdiri dari empat elemen utama (individu, performa, perkembangan, adaptasi).	Model teoritis jelas dan integratif.	Belum diuji empiris.

- 43 *Systematic Literature Review: Integrasi Adaptive Learning Environment dan Differentiated Instruction dalam Meningkatkan Computational Thinking dan Digital Literacy Siswa – Anisa Permata Sari, Munir, Wahyudin*  
DOI: <https://doi.org/10.31004/basicedu.v10i1.10815>

No.	Nama Penulis	Jenis Penelitian	Hasil Penelitian	Kelebihan	Keterbatasan
5	Dharmayanti & Nurcahyo (2021)	R&D (ADDIE – Analisis & Desain)	E-learning adaptif dirancang berbasis gaya belajar (visual, auditori, kinestetik).	Kontekstual untuk pembelajaran vokasional.	Belum tahap implementasi.
6	Contrino et al. (2024)	Kuasi-eksperimen	Adaptive learning meningkatkan hasil belajar dan kepuasan mahasiswa.	Bukti empiris signifikan.	Keterbatasan pada skala sampel kecil.
7	Kurniawan et al. (2025)	Mixed-method (Pretest–Posttest)	PDLE berbasis DI meningkatkan CT dalam aspek problem solving dan algoritmik.	Integrasi langsung antara DI dan CT.	Terbatas pada satu konteks pendidikan.
8	Rincon-Flores et al. (2024)	Mixed-method quasi-experimental	Strategi adaptive learning meningkatkan capaian dan keterlibatan mahasiswa.	Bukti empiris valid dengan data kuantitatif dan kualitatif.	Tidak mengeksplorasi aspek diferensiasi.
9	El-Sabagh (2021)	Mixed-method (Development + Eksperimen)	Engagement siswa meningkat signifikan dengan adaptive e-learning.	Terukur melalui desain eksperimental.	Tidak membahas CT dan DL secara eksplisit.
10	Harmini et al. (2024)	R&D (Waterfall)	Media valid dan layak digunakan (ahli media 90,45%, ahli materi 92,73%).	Validasi kuat dari pakar.	Belum diuji pada pengguna akhir.
11	Najmah et al. (2024)	R&D (ADDIE)	Media sangat valid (80%) dan praktis (>87%).	Aplikasi DI berbasis teknologi berhasil diuji.	Fokus pada satu materi spesifik.
12	Yengkopiong (2023)	Kajian literatur	DI meningkatkan keterlibatan dan keadilan belajar siswa.	Landasan pedagogis kuat.	Belum berbasis data empiris.
13	Asriadi et al. (2023)	Systematic Review & Meta-Analysis	DI berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar (gRE = 1.109, $p < .01$ ).	Bukti empiris meta-analisis.	Tidak fokus pada CT/DL.
14	Hasanuiddin et al. (2023)	SLR (PRISMA)	DI meningkatkan SRL, metakognisi, dan motivasi belajar.	Sintesis literatur luas.	Tidak ada uji implementasi.
15	Pozas et al. (2021)	Kuantitatif (survey)	DI meningkatkan well-being dan konsep diri akademik.	Studi sosial-emosional kuat.	Praktik DI masih terbatas.
16	Prillia et al. (2023)	R&D (Borg & Gall)	Validasi media mencapai 88,43% (kategori valid).	Produk media digital kontekstual.	Belum diuji pada siswa.
17	Armadhani & Utama (2024)	Kualitatif deskriptif	Meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa SD.	Kontekstual di pembelajaran dasar.	Belum diuji jangka panjang.
18	Dewi et al. (2024)	Kuasi-eksperimen	Model DI meningkatkan literasi digital & kecerdasan sosial-emosional.	Menghubungkan DI dan literasi digital.	Tidak membahas CT.
19	Liu et al. (2024)	Systematic Review	Menyajikan strategi integrasi CT di K-12 dan tantangannya.	Sumber referensi CT yang luas.	Fokus pada konteks STEM saja.
20	Hasmayanti et al. (2024)	Kajian literatur	Teknologi adaptif meningkatkan keterlibatan belajar siswa.	Konteks lokal Indonesia.	Tidak membahas DI eksplisit.
21	Wulandari & Sari (2023)	Research & Development	Framework adaptif meningkatkan personalisasi dan partisipasi siswa.	Implementasi berbasis teknologi.	Belum diuji lintas jenjang.
22	Zhang & Chen (2022)	Eksperimen kuantitatif	Adaptive feedback meningkatkan literasi digital dan motivasi belajar.	Menghubungkan adaptivitas dan DL secara empiris.	Fokus pada universitas, bukan K-12.

### Tren dan Arah Riset Adaptive Learning Environment dan Differentiated Instruction

Analisis temporal terhadap 22 artikel menunjukkan akselerasi penelitian dalam periode 2019-2025, dengan konsentrasi pada tahun 2023-2025 (14 artikel, 64%) yang mencerminkan pergeseran paradigma

pendidikan global menuju pembelajaran yang lebih personal, fleksibel, dan inklusif. Peningkatan signifikan minat akademik ini kemungkinan dipicu oleh pengalaman pembelajaran jarak jauh selama pandemi COVID-19 yang mempercepat adopsi teknologi pendidikan.

Studi systematic literature review oleh Setiawati et al. (2024), Acevedo-Borrega et al. (2021), dan Asriadi et al. (2023) memberikan landasan konseptual kuat mengenai hubungan kausal antara personalisasi pembelajaran dan peningkatan hasil belajar. Setiawati et al. (2024) mengidentifikasi bahwa lingkungan pembelajaran adaptif secara konsisten meningkatkan keterampilan interpersonal, motivasi intrinsik, dan performa akademik siswa dengan ukuran efek sedang hingga besar. Temuan ini sejalan dengan teori determinasi diri yang menyatakan bahwa motivasi optimal memerlukan pemenuhan tiga kebutuhan psikologis dasar, yaitu otonomi, kompetensi, dan keterkaitan, yang difasilitasi oleh pembelajaran adaptif melalui pemberian otonomi dalam menentukan jalur belajar, penyediaan tantangan sesuai tingkat kompetensi, dan penciptaan lingkungan sosial yang mendukung.

Acevedo-Borrega et al. (2021) menghasilkan peta riset computational thinking yang mengungkapkan bahwa pendekatan yang disesuaikan dengan kemampuan awal dan gaya belajar siswa menghasilkan pemahaman konseptual lebih mendalam dibandingkan instruksi seragam. Asriadi et al. (2023) melalui meta-analisis menemukan bahwa differentiated instruction berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar dengan efek relatif keseluruhan sebesar 1.109 ( $p < 0.01$ ). Ukuran efek yang besar ini mengindikasikan bahwa DI tidak hanya meningkatkan pencapaian akademik tetapi juga memperkuat rasa memiliki dan konsep diri akademik siswa, terutama pada peserta didik di rentang kemampuan menengah dan rendah yang sering kesulitan dalam pembelajaran tradisional seragam.

### **Mekanisme Arsitektur Adaptive Learning Environment dalam Personalisasi Pembelajaran**

Peng et al. (2019) mengidentifikasi empat elemen konstitutif dalam pembelajaran adaptif personal yang membentuk kerangka kerja komprehensif, yaitu pembangunan profil individu peserta didik yang mencakup preferensi belajar, tingkat penguasaan materi, dan karakteristik kognitif; pemantauan performa secara berkelanjutan melalui asesmen formatif; pengembangan kemampuan yang terstruktur sesuai trajektori pembelajaran individual; dan mekanisme adaptasi otomatis yang responsif terhadap perubahan kondisi belajar. Keempat elemen ini membentuk siklus pembelajaran iteratif dan berkelanjutan, sejalan dengan prinsip asesmen formatif yang menyatakan bahwa asesmen untuk pembelajaran harus diprioritaskan untuk mempromosikan pembelajaran siswa. Sistem adaptif mengoperasionalkan ini dengan menggunakan data asesmen berkelanjutan untuk membuat keputusan instruksional yang bersifat waktu nyata dan personal.

Moon et al. (2020) memperluas kerangka konseptual ini dengan mengusulkan model untuk mengajarkan computational thinking dalam sumber pendidikan terbuka yang personal, menekankan pentingnya interoperabilitas antara lapisan infrastruktur, data, adaptasi, dan presentasi yang menghadirkan pengalaman belajar personal kepada siswa. Meskipun kerangka kerja Moon et al. (2020) masih bersifat konseptual dan belum diuji empiris, model ini memberikan landasan teoretis penting untuk mengintegrasikan computational thinking dengan literasi digital melalui pendekatan adaptif, dengan ALE berfungsi sebagai ekosistem pembelajaran kompleks dan multidimensional yang memerlukan harmonisasi antara infrastruktur digital, desain kurikulum adaptif, strategi asesmen formatif berkelanjutan, dan dukungan sosio-emosional.

Penelitian eksperimental oleh Rincon-Flores et al. (2024) memberikan bukti empiris bahwa strategi pembelajaran adaptif yang mengintegrasikan gamifikasi dan personalisasi meningkatkan capaian akademik dan keterlibatan mahasiswa secara signifikan, dengan kelompok eksperimen mendemonstrasikan keterlibatan mendalam dan transfer pembelajaran yang lebih baik. Temuan ini konsisten dengan teori beban kognitif yang menyatakan bahwa pembelajaran akan optimal ketika beban intrinsik disesuaikan dengan tingkat keahlian siswa, beban ekstrinsik diminimalkan melalui desain instruksional efisien, dan beban germane dioptimalkan

- 45 *Systematic Literature Review: Integrasi Adaptive Learning Environment dan Differentiated Instruction dalam Meningkatkan Computational Thinking dan Digital Literacy Siswa – Anisa Permata Sari, Munir, Wahyudin*  
DOI: <https://doi.org/10.31004/basicedu.v10i1.10815>

untuk mendorong konstruksi skema, dengan sistem adaptif secara otomatis melakukan optimasi beban kognitif ini berdasarkan asesmen waktu nyata terhadap performa siswa.

### **Differentiated Instruction sebagai Respons Pedagogis terhadap Heterogenitas Peserta Didik**

Differentiated Instruction merupakan pendekatan pedagogis yang secara sistematis mengakomodasi perbedaan individual siswa berdasarkan tiga dimensi utama, yaitu kesiapan belajar, minat personal, dan profil belajar. Tomlinson (2001) sebagai tokoh sentral dalam konseptualisasi DI menegaskan bahwa diferensiasi efektif memerlukan modifikasi pada empat elemen instruksional, yaitu konten (apa yang dipelajari), proses (bagaimana siswa memproses informasi), produk (bagaimana siswa mendemonstrasikan pembelajaran), dan lingkungan belajar (konteks fisik dan psikologis).

Penelitian oleh Asriadi et al. (2023), Hasanuddin et al. (2023), dan Pozas et al. (2021) menunjukkan bukti empiris konsisten bahwa implementasi DI berdampak positif terhadap hasil belajar kognitif, keterlibatan emosional, dan kesejahteraan akademik siswa. Asriadi et al. (2023) melalui meta-analisis mengidentifikasi bahwa DI tidak hanya meningkatkan pencapaian akademik tetapi juga memperkuat rasa memiliki, konsep diri akademik, dan persepsi kompetensi siswa, terutama pada peserta didik di rentang kemampuan menengah dan rendah. Efek positif pada konsep diri akademik sejalan dengan teori metakognisi yang mendefinisikan metakognisi sebagai "tentang berpikir", dengan diferensiasi berdasarkan pengetahuan awal memungkinkan siswa mengembangkan keterampilan metakognitif karena mereka harus secara aktif memantau pemahaman mereka, mengenali kesenjangan pengetahuan, dan menyesuaikan strategi pembelajaran sesuai kebutuhan.

Hasanuddin et al. (2023) menemukan bahwa DI berdasarkan pengetahuan awal secara signifikan meningkatkan pembelajaran yang diatur sendiri, kesadaran metakognitif, dan motivasi belajar siswa, sementara Pozas et al. (2021) mengungkapkan bahwa DI meningkatkan kesejahteraan dan konsep diri akademik siswa karena mengurangi frustrasi dari ketidaksesuaian antara kemampuan siswa dengan tuntutan tugas. Harmini et al. (2024) dan Najmah et al. (2024) membuktikan bahwa media pembelajaran mobile berbasis DI memiliki tingkat validitas dan praktikalitas tinggi, dengan Harmini et al. (2024) mencapai validasi ahli media 90.45% dan ahli materi 92.73%, sementara Najmah et al. (2024) mencapai tingkat kevalidan 80% dan kepraktisan lebih dari 87%. Tingkat validitas dan praktikalitas tinggi ini mengindikasikan kelayakan teknis dan pedagogis mengintegrasikan DI dengan teknologi mobile learning di konteks Indonesia, meskipun keterbatasan utama kedua penelitian adalah belum mencapai tahap pengujian dampak pada pengguna akhir dalam skala lebih luas dan durasi lebih panjang.

Armadhani & Utama (2024) melalui penelitian kualitatif deskriptif menunjukkan bahwa implementasi pendekatan berdiferensiasi melalui media konkret, video pembelajaran, dan PowerPoint interaktif meningkatkan motivasi belajar dan keterlibatan siswa sekolah dasar secara substansial, terutama pada mata pelajaran yang memerlukan visualisasi konsep abstrak. Pendekatan representasi berganda ini sejalan dengan teori yang menyatakan bahwa representasi berganda dapat mendukung pembelajaran dengan melengkapi proses berbeda, membatasi interpretasi, dan mengonstruksi pemahaman yang lebih dalam, dengan penggunaan materi konkret sangat bermanfaat untuk siswa dengan tahap pemikiran operasional konkret, sedangkan video dan PowerPoint interaktif lebih sesuai untuk siswa yang sudah mengembangkan pemikiran operasional formal.

### **Sinergi Adaptive Learning Environment dan Differentiated Instruction dalam Model Pembelajaran Terintegrasi**

Integrasi antara ALE dan DI merepresentasikan konvergensi kuat antara inovasi teknologi dan kebijakan pedagogis, dengan beberapa penelitian dalam kajian ini menunjukkan bahwa penggabungan kedua pendekatan menghasilkan sinergi yang memperkuat kelebihan masing-masing pendekatan sambil memitigasi keterbatasan inheren masing-masing. Kurniawan et al. (2025) menunjukkan bahwa integrasi lingkungan pembelajaran digital personal berbasis DI menghasilkan peningkatan signifikan dalam



computational thinking siswa, terutama pada komponen pemecahan masalah kompleks dan pemikiran algoritmik, dengan studi mixed-method pretest-posttest mereka mengungkapkan bahwa siswa menunjukkan kemampuan dekomposisi yang superior, pengenalan pola yang lebih halus, abstraksi yang lebih canggih, dan perancangan algoritma yang lebih efisien. Penelitian ini memberikan bukti empiris langsung mengenai integrasi DI dengan pengembangan CT, sesuatu yang relatif jarang dalam literatur yang ada, meskipun keterbatasan penelitian ini adalah cakupan yang terbatas pada satu konteks pendidikan spesifik sehingga generalisasi temuan ke pengaturan lain memerlukan studi replikasi lebih lanjut.

El-Sabagh (2021) menegaskan bahwa lingkungan e-learning adaptif berdasarkan gaya belajar secara signifikan meningkatkan keterlibatan siswa dibandingkan pembelajaran digital non-adaptif, dengan sistem adaptif yang dikembangkan menggunakan algoritma pembelajaran mesin untuk mengidentifikasi preferensi gaya belajar dan terus-menerus menyesuaikan presentasi konten, menghasilkan kelompok yang menggunakan sistem e-learning adaptif memiliki tingkat keterlibatan yang diukur melalui waktu pada tugas, frekuensi interaksi, dan kepuasan yang secara signifikan lebih tinggi. Temuan ini sejalan dengan teori interaksi aptitude-treatment yang menyatakan bahwa individu dengan kemampuan atau traits berbeda sering mendapat manfaat dari metode instruksional yang berbeda, dan efektivitas perlakuan instruksional bergantung pada kesesuaian dengan aptitude peserta didik, dengan sistem adaptif mengoperasionalkan teori ini dengan secara otomatis mencocokkan perlakuan instruksional dengan karakteristik peserta didik. Namun, penelitian El-Sabagh (2021) tidak secara eksplisit membahas pengembangan computational thinking dan literasi digital, berfokus terutama pada keterlibatan dan hasil pencapaian umum, sehingga kontribusinya terhadap pemahaman integrasi ALE-DI untuk CT dan DL masih terbatas.

Wulandari & Sari (2023) memperkuat argumen integrasi ALE-DI dengan menunjukkan bahwa kerangka pembelajaran adaptif untuk keterlibatan siswa personal tidak hanya meningkatkan hasil pembelajaran jangka pendek tetapi juga mengembangkan keterampilan pembelajaran yang diatur sendiri, dengan siswa yang belajar melalui sistem adaptif-berdiferensiasi menunjukkan kemampuan superior dalam penetapan tujuan, pemantauan kemajuan, pemilihan strategi, dan evaluasi diri. Pengembangan keterampilan pembelajaran yang diatur sendiri ini sangat penting dalam era digital di mana siswa semakin diharapkan menjadi pembelajar otonom, sejalan dengan teori kognitif sosial yang menyatakan bahwa regulasi diri beroperasi melalui serangkaian subfungsi psikologis termasuk pemantauan diri, proses penilaian, dan pengaruh reaksi diri, dengan lingkungan pembelajaran adaptif-berdiferensiasi menyediakan perancah yang secara bertahap memudar untuk membantu siswa mengembangkan subfungsi regulasi diri ini.

Integrasi ALE dan DI memadukan keunggulan teknologi berupa otomatisasi proses adaptasi dan personalisasi berbasis data dengan fleksibilitas pedagogis berupa penyesuaian strategi pengajaran yang sesuai konteks dan pemahaman humanistik terhadap kebutuhan siswa. Model pembelajaran adaptif-diferensiasi ini memiliki potensi besar untuk mengatasi heterogenitas peserta didik di era digital, di mana keberagaman tidak hanya dalam hal kemampuan akademik tetapi juga dalam hal akses teknologi, tingkat literasi digital, latar belakang sosial ekonomi, dan lingkungan pembelajaran kontekstual.

### **Kontribusi terhadap Pengembangan Computational Thinking**

Computational thinking, sebagaimana dikonseptualisasikan oleh Wing (2006), merupakan proses berpikir yang terlibat dalam memformulasikan masalah dan solusinya sehingga solusi dapat dilaksanakan secara efektif oleh agen pemroses informasi, tidak hanya terkait dengan pemrograman komputer dalam pengertian teknis yang sempit tetapi mencakup spektrum kemampuan berpikir yang lebih luas termasuk pemikiran logis, dekomposisi masalah, abstraksi, pengenalan pola, dan generalisasi solusi.

Liu et al. (2024) dan Acevedo-Borrega et al. (2021) memperkuat perspektif holistik ini dengan mengidentifikasi bahwa CT merupakan keterampilan transdisipliner yang dapat diintegrasikan tidak hanya dalam kurikulum ilmu komputer tetapi juga dalam matematika, sains, studi sosial, dan seni, dengan Liu et al.

(2024) menyajikan strategi komprehensif untuk membawa CT ke dalam kelas K-12 yang mengidentifikasi berbagai pendekatan pedagogis mulai dari instruksi CT eksplisit, integrasi CT dalam area subjek, pembelajaran CT berbasis proyek, hingga aktivitas CT unplugged. Acevedo-Borrega et al. (2021) menunjukkan bahwa pembelajaran CT yang adaptif, baik dalam format plugged maupun unplugged, menghasilkan pemahaman konseptual yang lebih mendalam dibandingkan pembelajaran linear yang sama untuk semua siswa, dengan sistem adaptif dapat mengidentifikasi miskonsepsi siswa secara dini melalui analisis upaya pemecahan masalah dan pola kesalahan, dan menyediakan intervensi yang ditargetkan sebelum miskonsepsi mengkristal.

Hal ini sejalan dengan teori perubahan konseptual yang menyatakan bahwa perubahan konseptual memerlukan empat kondisi, yaitu ketidakpuasan dengan konsepsi yang ada, keterpahaman konsepsi baru, kewajaran konsepsi baru, dan kesuburan konsepsi baru dalam memecahkan masalah, dengan lingkungan pembelajaran CT adaptif memfasilitasi perubahan konseptual dengan mengidentifikasi konsepsi yang ada, menciptakan konflik kognitif, mempresentasikan konsepsi alternatif dengan cara yang dapat dipahami, dan mendemonstrasikan kesuburan melalui aplikasi pemecahan masalah autentik. Perancah progresif dalam lingkungan adaptif memastikan bahwa siswa tidak kewalahan oleh kompleksitas namun terus-menerus ditantang untuk memperluas pemikiran mereka, sejalan dengan prinsip zona perkembangan proksimal yang menekankan pembelajaran optimal terjadi ketika siswa diberi tantangan dalam zona perkembangan mereka.

### **Kontribusi terhadap Pengembangan Digital Literacy**

Digital literacy dalam konteks abad ke-21 melampaui kompetensi teknis dalam mengoperasikan perangkat digital, tetapi mencakup kemampuan komprehensif untuk mengakses, mengelola, memahami, mengintegrasikan, mengomunikasikan, mengevaluasi, dan menciptakan informasi secara aman melalui teknologi digital, dengan UNESCO (2018) menekankan bahwa literasi digital bukan sekadar keterampilan teknis tetapi kombinasi kompetensi kognitif, sosial, dan emosional.

Dewi et al. (2024) dalam penelitian kuasi-eksperimen mereka menunjukkan bahwa model pembelajaran berdiferensiasi secara signifikan meningkatkan literasi digital siswa melalui penyediaan pengalaman belajar yang disesuaikan dengan tingkat kesiapan individual dan preferensi pembelajaran, dengan penelitian mereka juga mengungkapkan bahwa pendekatan berdiferensiasi secara bersamaan meningkatkan kecerdasan sosial-emosional, mengindikasikan bahwa pengembangan literasi digital yang efektif memerlukan perhatian tidak hanya pada keterampilan kognitif tetapi juga pada dimensi afektif dan sosial. Temuan ini penting karena menunjukkan dampak holistik DI yang melampaui domain kognitif semata, sesuatu yang sering diabaikan dalam penelitian literasi digital yang cenderung berfokus pada keterampilan teknis.

Zhang & Chen (2022) memperkuat temuan ini dengan mengidentifikasi bahwa sistem umpan balik adaptif memainkan peran krusial dalam meningkatkan literasi digital dan motivasi pembelajaran, dengan penelitian eksperimen kuantitatif mereka menunjukkan bahwa umpan balik adaptif yang dipersonalisasi berdasarkan pola kinerja siswa lebih efektif dalam mempromosikan pengembangan literasi digital dibandingkan umpan balik standar yang generik. Umpan balik adaptif membantu siswa mengembangkan keterampilan literasi informasi termasuk kemampuan mengevaluasi kredibilitas sumber digital, mengidentifikasi bias potensial, mensintesis informasi dari berbagai sumber, dan menciptakan produk digital orisinal, dengan mekanisme ini sejalan dengan prinsip asesmen formatif yang menekankan pentingnya umpan balik yang tepat waktu, spesifik, dan actionable untuk mendorong pembelajaran.

### **Implikasi Praktis untuk Implementasi di Sekolah**

Berdasarkan sintesis temuan dari 22 artikel, beberapa implikasi praktis dapat dirumuskan untuk guru, pengembang kurikulum, dan pengambil kebijakan. Sekolah perlu mengembangkan infrastruktur teknologi yang mendukung implementasi sistem pembelajaran adaptif sambil memastikan bahwa teknologi terintegrasi dengan prinsip pedagogis DI yang kuat, dengan temuan Harmini et al. (2024) dan Najmah et al. (2024) menunjukkan

kelayakan mengintegrasikan DI dengan teknologi mobile learning di konteks Indonesia yang memberikan model yang dapat diadaptasi oleh sekolah lain. Implementasi efektif ALE dan DI memerlukan pengembangan profesional guru yang komprehensif, dengan guru perlu dilatih tidak hanya dalam penggunaan teknologi adaptif tetapi juga dalam prinsip diferensiasi pedagogis, asesmen formatif berkelanjutan, dan desain pengalaman belajar personal, sesuai temuan Armadhani & Utama (2024) yang menunjukkan bahwa implementasi DI melalui media berganda meningkatkan motivasi siswa SD tetapi memerlukan kompetensi guru dalam mengelola pembelajaran berdiferensiasi.

Kurikulum perlu dirancang dengan fleksibilitas yang memungkinkan diferensiasi konten, proses, produk, dan lingkungan belajar, dengan temuan Kurniawan et al. (2025) mendemonstrasikan bahwa kurikulum yang mengintegrasikan DI dengan pembelajaran digital personal dapat secara efektif mengembangkan CT, memberikan model untuk pengembangan kurikulum di area lain. Sistem asesmen perlu bergeser dari asesmen sumatif yang seragam menuju asesmen formatif yang tertanam dalam pembelajaran dan memberikan data untuk adaptasi instruksional, sesuai temuan Rincon-Flores et al. (2024) yang menunjukkan bahwa strategi pembelajaran adaptif yang menggunakan asesmen berkelanjutan meningkatkan capaian akademik dan keterlibatan mahasiswa. Implementasi teknologi adaptif harus memperhatikan kesenjangan akses dan literasi digital yang ada, dengan temuan dari konteks Indonesia menunjukkan potensi teknologi mobile learning yang lebih accessible, tetapi implementasi harus disertai dengan dukungan untuk siswa dengan akses terbatas.

### **Implikasi Teoretis dan Kontribusi terhadap Perkembangan Keilmuan**

Systematic literature review ini memberikan kontribusi signifikan terhadap tubuh pengetahuan dalam teknologi pendidikan dan inovasi pedagogis melalui beberapa cara. Review ini merupakan sintesis sistematis pertama yang secara eksplisit menganalisis integrasi ALE dan DI untuk pengembangan CT dan literasi digital secara simultan, mengisi kesenjangan dalam literatur di mana kedua pendekatan umumnya dikaji secara terpisah. Berdasarkan sintesis 22 studi, review ini mengembangkan kerangka kerja terintegrasi untuk merancang lingkungan pembelajaran adaptif-berdiferensiasi yang mencakup pemodelan peserta didik multidimensional, mekanisme adaptasi cerdas, repositori sumber belajar berdiferensiasi, sistem asesmen formatif cangguh, dan kehadiran pengajaran manusia yang melengkapi adaptasi otomatis.

Review ini memperkuat teori konvergensi dalam teknologi pendidikan yang menyatakan bahwa solusi pembelajaran optimal muncul dari integrasi affordances teknologi dengan prinsip pedagogis yang kuat, bukan dari teknologi atau pedagogi secara terpisah, dengan temuan menunjukkan bahwa integrasi ALE dan DI menciptakan efek sinergis yang memperkuat manfaat dari masing-masing pendekatan. Review ini juga berkontribusi pada wacana internasional tentang keadilan pendidikan dengan mendemonstrasikan bahwa pendekatan adaptif-berdiferensiasi memiliki potensi untuk menyamakan medan permainan bagi pembelajar yang beragam, dengan bukti menunjukkan bahwa siswa yang secara tradisional kurang terlayani mendapat manfaat signifikan.

### **Keterbatasan Penelitian dan Agenda Riset Mendatang**

Meskipun systematic literature review ini memberikan wawasan berharga, beberapa keterbatasan harus diakui. Sebagian besar penelitian yang dikaji (13 dari 22, 59%) masih bersifat konseptual, review, atau hanya sampai tahap pengembangan desain tanpa pengujian empiris yang ketat dan implementasi skala besar, dengan Moon et al. (2020) dan Peng et al. (2019) misalnya mengembangkan kerangka kerja komprehensif tetapi belum divalidasi melalui studi empiris dalam pengaturan pendidikan autentik. Studi empiris yang ada (9 dari 22, 41%) sering terbatas pada intervensi skala kecil dalam konteks pendidikan spesifik yang membuat generalisasi temuan menjadi menantang, dengan Contrino et al. (2024) dan Rincon-Flores et al. (2024) meskipun memberikan bukti eksperimental mengakui keterbatasan skala dan karakteristik populasi spesifik.

Integrasi komprehensif antara ALE dan DI masih relatif jarang dalam literatur, dengan sebagian besar penelitian berfokus pada sistem pembelajaran adaptif atau pada DI secara terpisah, dan hanya sedikit studi terutama Kurniawan et al. (2025) yang secara eksplisit mengintegrasikan kedua pendekatan. Mayoritas penelitian terkonsentrasi pada mata pelajaran STEM (64%) dan pendidikan tinggi (41%), mengindikasikan kesenjangan penelitian pada domain non-STEM dan pendidikan dasar-menengah. Sebagian besar penelitian R&D di Indonesia seperti Harmini et al. (2024), Najmah et al. (2024), dan Prillia et al. (2023) belum mencapai tahap evaluasi dampak jangka panjang pada pengguna akhir, membatasi pemahaman tentang efektivitas berkelanjutan.

Berdasarkan keterbatasan yang teridentifikasi, beberapa agenda riset mendatang direkomendasikan. Penelitian masa depan harus menggunakan desain longitudinal skala besar yang melacak perkembangan siswa selama periode yang diperpanjang minimal satu tahun akademik dan di berbagai pengaturan pendidikan untuk menetapkan basis bukti yang kuat tentang dampak jangka panjang. Diperlukan lebih banyak penelitian yang secara eksplisit merancang dan mengevaluasi model pembelajaran adaptif-berdiferensiasi terintegrasi, memeriksa bagaimana pendekatan ini saling melengkapi dan meningkatkan satu sama lain dalam berbagai konteks. Penelitian harus diperluas ke mata pelajaran non-STEM seperti bahasa, seni, dan humaniora untuk memahami bagaimana pembelajaran adaptif-berdiferensiasi dapat diterapkan secara efektif di berbagai domain konten.

Mengingat dominasi penelitian di pendidikan tinggi, diperlukan lebih banyak penelitian implementasi di pendidikan dasar dan menengah khususnya di konteks Indonesia untuk memahami tantangan dan strategi efektif di jenjang ini. Penelitian masa depan harus tidak hanya mengukur peningkatan pembelajaran langsung tetapi juga transfer pembelajaran ke konteks baru, retensi dari waktu ke waktu, dan pengembangan disposisi pembelajaran seumur hidup. Kolaborasi lintas disiplin antara pedagogi, psikologi pendidikan, ilmu komputer, ilmu data, dan ilmu pembelajaran esensial untuk menangani tantangan kompleks seperti mengembangkan model peserta didik yang valid, menciptakan algoritma adaptasi yang pedagogis kuat, memastikan keadilan algoritmik, melindungi privasi data siswa, dan merancang sistem pengajaran kolaboratif manusia-AI. Diperlukan penelitian yang memeriksa faktor kontekstual yang memoderasi efektivitas pembelajaran adaptif-berdiferensiasi, termasuk kompetensi guru, dukungan institusional, infrastruktur teknologi, konteks budaya, dan lingkungan kebijakan.

## KESIMPULAN

Kajian sistematis terhadap berbagai penelitian menunjukkan bahwa penggabungan lingkungan pembelajaran adaptif dengan pengajaran berdiferensiasi terbukti efektif meningkatkan kemampuan berpikir komputasional dan literasi digital siswa secara bersamaan. Kontribusi utama penelitian ini adalah menemukan efek sinergis dari kedua pendekatan tersebut: teknologi adaptif menyediakan personalisasi otomatis berbasis data, sementara diferensiasi pedagogis memberikan fleksibilitas kontekstual yang responsif terhadap keberagaman siswa. Integrasi ini menghasilkan peningkatan tidak hanya pada kemampuan kognitif seperti pemecahan masalah dan evaluasi informasi digital, tetapi juga pada dimensi afektif seperti motivasi, kemandirian belajar, dan kesejahteraan akademik. Kebaruan penelitian ini terletak pada identifikasi bahwa pembelajaran adaptif-berdiferensiasi dapat mengembangkan dua kompetensi abad ke-21 secara simultan, sesuatu yang belum banyak dieksplorasi dalam literatur sebelumnya. Bagi praktisi pendidikan, temuan ini mengimplikasikan perlunya pengembangan infrastruktur teknologi terintegrasi, pelatihan kompetensi guru dalam mengelola pembelajaran personal, serta desain kurikulum yang fleksibel dengan sistem penilaian formatif berkelanjutan. Bagi pengambil kebijakan, hasil kajian ini menegaskan urgensi investasi pada teknologi pendidikan yang disertai penguatan kapasitas pedagogis guru, sambil memperhatikan kesetaraan akses digital. Meskipun hasil menjanjikan, mayoritas penelitian yang dikaji masih bersifat konseptual atau berskala terbatas,

terutama di konteks pendidikan tinggi dan mata pelajaran STEM. Penelitian mendatang perlu melakukan studi longitudinal berskala besar di berbagai jenjang pendidikan dan domain mata pelajaran, mengeksplorasi faktor kontekstual yang memoderasi efektivitas, serta mengembangkan kolaborasi interdisipliner untuk memastikan keadilan algoritmik dan keberlanjutan dampak pembelajaran adaptif-berdiferensiasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acevedo-Borrega, J., Valverde-Berrocso, J., & Garrido-Arroyo, M. del C. (2021). Computational Thinking and Educational Technology: A Scoping Review of the Literature. *Education and Information Technologies*, 26(5), 5673–5692. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10490-7>
- Armadhani, R., & Utama, C. (2024). Implementasi Pendekatan Berdiferensiasi melalui Media Konkret, Video, dan PPT Interaktif. *Jurnal Inovasi Pendidikan Dasar*, 9(1), 112–122.
- Asriadi, H., Istiyono, E., & Retnawati, H. (2023). Does Differentiated Instruction Affect Learning Outcome? Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Educational Research and Evaluation*, 12(3), 421–438. <https://doi.org/10.23917/jere.v12i3.8890>
- Contrino, S., Reyes-Millán, F., Vázquez-Villegas, J., & Membrillo-Hernández, J. (2024). Using an Adaptive Learning Tool to Improve Student Performance and Satisfaction. *Computers & Education*, 207, 104906. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.104906>
- Dewi, K. Y. F., Sari, M. R., & Nurhayati, A. (2024). Differentiated Learning Model on Students' Digital Literacy and Socioemotional Intelligence. *Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran*, 57(2), 123–134. <https://doi.org/10.23887/jpp.v57i2.71954>
- Dharmayanti, W., & Nurcahyo, R. W. (2021). Analisis dan Perancangan E-Learning Adaptif di Sekolah Menengah Kejuruan. *Edumatic: Jurnal Pendidikan Informatika*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.29408/edumatic.v5i1.2544>
- El-Sabagh, H. A. (2021). Adaptive E-learning Environment Based on Learning Styles and Its Impact on Students' Engagement. *Journal of Computers in Education*, 8(4), 655–674. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00188-1>
- Harmini, H., Muriyatmoko, D., & Mubarak, A. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Menggunakan Differentiated Instruction Berbasis Mobile Learning. *Jurnal Teknologi Pendidikan*, 26(2), 89–98.
- Hasanuddin, H., Fathurrahman, A., & Prasetyo, D. (2023). Enhancing Students' Self-Regulated Learning through Differentiated Instruction Based on Prior Knowledge: A Systematic Review. *Journal of Education and Learning Studies*, 6(3), 220–233.
- Hasmayanti, R., Wibowo, P., & Santosa, D. (2024). Optimizing Learning: Adaptive Technology Integration in Indonesia's Education System. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 33(1), 45–58.
- Hwang, K. E. (2014). Definition, Framework and Research Issues of Smart Learning Environments—A Context-Aware Ubiquitous Learning Perspective. *Smart Learning Environments*, 1(4), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0004-5>
- Kurniawan, W., Anwar, Y., Jufrida, J., Kamid, K., & Riantoni, C. (2025). Personalized Digital Learning Environment with Differentiated Instruction to Foster Computational Thinking. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 20(2), 55–70.
- Liu, Z., Wang, H., & Chen, X. (2024). Bringing Computational Thinking into Classrooms: A Systematic Review. *International Journal of STEM Education*, 11(3), 42–58. <https://doi.org/10.1186/s40594-024-00591-2>
- Moon, J., Do, Y., Lee, H., & Choi, S. (2020). A Conceptual Framework for Teaching Computational Thinking in Personalized OERs. *Journal of Educational Technology & Society*, 23(4), 94–105.

- 51 *Systematic Literature Review: Integrasi Adaptive Learning Environment dan Differentiated Instruction dalam Meningkatkan Computational Thinking dan Digital Literacy Siswa – Anisa Permata Sari, Munir, Wahyudin*  
DOI: <https://doi.org/10.31004/basicedu.v10i1.10815>
- Najmah, N., Yusri, Y., & Melisa, M. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Berdiferensiasi Berbasis Mobile Learning pada Materi Matriks. *Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia*, 9(1), 15–27.
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Peng, T. L., Ma, Y., & Spector, J. M. (2019). Personalized Adaptive Learning: An Emerging Pedagogical Approach Enabled by Smart Learning Environment. *Educational Technology Research and Development*, 67(6), 1289–1311.
- Pozas, M., Letzel, V., Lindner, K. T., & Schwab, S. (2021). DI Does Matter! The Effects of Differentiated Instruction on Students' Well-Being and Academic Self-Concept. *Frontiers in Education*, 6, 689468. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.689468>
- Prillia, E., Anisa, L., & Handayani, D. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berdiferensiasi Berbasis Teknologi pada Materi Teks Prosedur. *Jurnal Teknologi Pendidikan Dan Pembelajaran*, 11(2), 76–87.
- Rincon-Flores, E. G., Gallardo, K., & Garza, J. (2024). Improving the Learning-Teaching Process through Adaptive Learning Strategy. *Education and Information Technologies*, 29(2), 1895–1914.
- Setiawati, R., Rahayu, W., & Sarifah, I. (2024). Membangun Lingkungan Pembelajaran Adaptif: Sebuah Systematic Literature Review. *Jurnal Teknologi Pendidikan Indonesia*, 10(1), 1–15.
- Tomlinson, C. A. (2001). *How to Differentiate Instruction in Mixed-Ability Classrooms (2nd ed.)*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- UNESCO. (2018). *Digital Literacy Skills Framework*. UNESCO Institute for Lifelong Learning. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000265403>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wulandari, R., & Sari, M. (2023). Adaptive Learning Framework for Personalized Student Engagement. *Journal of Learning Systems and Technologies*, 5(3), 211–225.
- Yengkopiong, J. (2023). Differentiation in the Classroom: A Pedagogical Approach for Student Engagement. *International Journal of Education and Pedagogy*, 5(2), 102–118.
- Zhang, T., & Chen, L. (2022). Adaptive Learning and Digital Literacy: The Role of Personalized Feedback. *Computers in Human Behavior*, 135, 107392. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107392>