

# Analisis Pengembangan Infrastruktur Teknologi Informasi dan Implementasi Teknologi Emerging untuk Mendukung Transformasi Digital di Bidang Pendidikan

## *Analysis of Information Technology Infrastructure Development and Emerging Technology Implementation in Supporting Digital Transformation in Education*

Dickey Ansharullah Hamid\*<sup>1</sup>, Briam Harpah Matana<sup>2</sup>, Hasmina Tari Moku<sup>3</sup>,  
Mustarum Musaruddin<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Manajemen Rekayasa, Program Pascasarjana, Universitas Halu Oleo, Indonesia

<sup>3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo, Indonesia

<sup>4</sup>Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo, Indonesia

Kampus Bumi Tridharma Anduonohu, Jl. H.E.A. Mokodompit, Kendari, Sulawesi Tenggara 93232

E-mail: \*[dickeyansharullahamid27@gmail.com](mailto:dickeyansharullahamid27@gmail.com)

---

<b>Article Info:</b>	Received 14 Mei 2026	Revised 15 Mei 2026	Accepted 30 Juni 2026	Published: 30 Juni 2026
----------------------	-------------------------	------------------------	--------------------------	----------------------------

---

### **Abstrak**

Lebih dari 40% sekolah di negara berkembang kekurangan konektivitas internet yang memadai, sementara kajian ilmiah yang ada umumnya hanya mengkaji satu teknologi secara terisolasi tidak ada sintesis yang memetakan evolusi infrastruktur teknologi informasi (TI) dan implementasi tujuh teknologi terkini secara bersamaan dalam konteks pendidikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mekanisme kausal keberhasilan transformasi digital pendidikan dan mengembangkan kerangka konseptual integratif yang menghubungkan evolusi infrastruktur TI dengan adopsi simultan tujuh teknologi terkini. Metode penelitian menggunakan *systematic literature review (SLR)* berpandu PRISMA 2020 terhadap 64 artikel (2020–2025) yang dipilih dari Scopus, Google Scholar, dan Garuda, dengan sintesis tematik berbasis perbandingan kritis temuan yang saling bertentangan antarstudi. Hasil penelitian ini mengidentifikasi dua kontribusi utama: (1) tiga mekanisme kausal yang menjelaskan keberhasilan atau kegagalan transformasi digital pendidikan, yaitu absorptive capacity SDM, komplementaritas infrastruktur, dan tata kelola data; serta (2) pengembangan Model Konseptual Transformasi Digital Pendidikan (MKTDP), yaitu kerangka empat-lapisan pertama yang secara eksplisit mengintegrasikan peta evolusi infrastruktur TI dengan analisis simultan tujuh teknologi terkini (AI, Cloud Computing, LMS, Smart Classroom, IoT, Big Data, dan Cybersecurity) beserta kondisi moderasi dan boundary conditions-nya. Keberhasilan transformasi digital ditentukan oleh sinergi ketiga mekanisme kausal tersebut, bukan oleh kecanggihan teknologi semata. Implikasi penelitian ini mendorong perubahan kebijakan dari pendekatan *technology-push* ke *needs-pull*, dengan prioritas pada pemerataan konektivitas internet dan penguatan kompetensi digital guru sebagai prasyarat utama transformasi, khususnya di wilayah 3T Indonesia.

**Kata Kunci:** Big Data; Cloud Computing; Infrastruktur Teknologi Informasi; Systematic Literature Review; Teknologi Pendidikan; Transformasi Digital.

### **Abstract**

More than 40% of schools in developing countries lack adequate internet connectivity, while existing studies generally examine individual technologies in isolation, with limited synthesis that maps the evolution of Information Technology (IT) infrastructure and the simultaneous implementation of seven emerging technologies in the educational context. This study aims to identify the causal mechanisms underlying successful digital transformation in education and to develop an integrative conceptual

*framework that links the evolution of IT infrastructure with the concurrent adoption of seven emerging technologies. The research employed a Systematic Literature Review (SLR) guided by the PRISMA 2020 framework, analyzing 64 articles published between 2020 and 2025 that were selected from Scopus, Google Scholar, and Garuda. The data were synthesized using a thematic analysis based on critical comparisons of conflicting findings across previous studies. The results reveal two major contributions: (1) the identification of three causal mechanisms that determine the success or failure of digital transformation in education, namely human resource absorptive capacity, infrastructure complementarity, and data governance; and (2) the development of the Educational Digital Transformation Conceptual Model (EDTCM), a novel four-layer conceptual framework that explicitly integrates the evolution of IT infrastructure with the simultaneous analysis of seven emerging technologies, including Artificial Intelligence (AI), Cloud Computing, Learning Management Systems (LMS), Smart Classrooms, the Internet of Things (IoT), Big Data, and Cybersecurity, together with their moderating factors and boundary conditions. The findings indicate that successful digital transformation depends on the synergy among these three causal mechanisms rather than on technological sophistication alone. The study implies that educational policies should shift from a technology-push approach toward a needs-pull strategy by prioritizing equitable internet connectivity and strengthening teachers' digital competencies as fundamental prerequisites for digital transformation, particularly in Indonesia's disadvantaged, frontier, and outermost (3T) regions.*

**Keywords:** Big Data; Cloud Computing; Digital Transformation; Educational Technology; Information Technology Infrastructure; Systematic Literature Review.

*This is an open access article under the CC BY-SA license.*



## 1. PENDAHULUAN

Lebih dari 40% sekolah di negara berkembang masih kekurangan konektivitas internet yang memadai, sementara institusi yang telah mengadopsi infrastruktur *cloud* dan kecerdasan buatan melaporkan peningkatan efektivitas pembelajaran hingga 30% dibanding metode konvensional (UNESCO, 2023; *Horizon Report*, 2023). Paradoks ini mempercepat adopsi teknologi di satu kutub, kesenjangan infrastruktur yang persisten di kutub lain menjadi titik berangkat kajian sistematis ini.

Infrastruktur TI dalam pendidikan mencakup perangkat keras, perangkat lunak, jaringan, basis data, dan layanan pendukung yang digunakan bersama untuk menopang operasional institusi [18]. Evolusi infrastruktur ini berjalan tidak linear: setiap era teknologi membawa pergeseran paradigma yang mengubah cara institusi mendidik, mengelola, dan menilai pembelajaran. Kajian yang ada cenderung terfragmentasi masing-masing terfokus pada satu teknologi atau satu era tertentu, tanpa peta yang menghubungkan seluruh lintasan evolusi tersebut dengan adopsi teknologi terkini [2], [11].

Ketika literatur dibandingkan secara kritis, kesenjangan itu tampak jelas. Kajian tentang *cloud computing* dalam pendidikan [19], [33] membuktikan efisiensi operasional, tetapi tidak menjelaskan bagaimana transisi dari infrastruktur konvensional ke *cloud* terjadi secara institusional. Studi tentang AI dan LMS [20], [59], [63] mendokumentasikan dampak pembelajaran, tetapi tidak mengaitkannya dengan kesiapan infrastruktur yang mendasarinya (*underlying infrastructure*). Penelitian tentang *cybersecurity* [37], [36] mengidentifikasi ancaman, tetapi tidak mengintegrasikannya ke dalam kerangka transformasi digital yang lebih luas. Tidak ada kajian tunggal yang secara sistematis memetakan interkoneksi antara evolusi infrastruktur TI dan implementasi tujuh teknologi terkini secara bersamaan.

Penelitian ini mengisi celah tersebut melalui sintesis sistematis yang: (1) memetakan evolusi historis infrastruktur TI dari era *mainframe* hingga komputasi awan dan seluler; (2) mengidentifikasi tujuh komponen utama infrastruktur TI yang relevan bagi institusi pendidikan; (3) menganalisis implementasi dan dampak AI, *Cloud Computing*, LMS, *Smart Classroom*, IoT, *Big Data*, dan *cybersecurity* secara terintegrasi; serta (4) mengidentifikasi hambatan struktural dan faktor keberhasilan transformasi digital pendidikan. Kebaruan kajian ini terletak pada dua kontribusi utama: identifikasi tiga mekanisme kausal keberhasilan transformasi digital pendidikan dan pengembangan Model Konseptual Transformasi Digital Pendidikan (MKTDP) sebagai kerangka integratif pertama yang mencakup ketujuh teknologi tersebut secara simultan [1], [9], [17].

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mekanisme kausal yang menentukan keberhasilan atau kegagalan transformasi digital pendidikan dan mengembangkan kerangka konseptual integratif yang menghubungkan evolusi infrastruktur TI dengan adopsi simultan tujuh teknologi terkini dalam konteks institusi pendidikan Indonesia. Implikasi penelitian ini diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah bagi perancangan kebijakan transformasi digital yang lebih kontekstual, dengan menggeser orientasi dari pendekatan *technology-push* ke *needs-pull*, serta memprioritaskan pemerataan konektivitas dan kompetensi digital guru terutama di wilayah 3T sebagai prasyarat fundamental sebelum adopsi teknologi lanjutan diterapkan secara luas.

## 2. METODE

### 2.1 Desain dan Pertanyaan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode *Systematic Literature Review* (SLR) mengikuti protokol pelaporan PRISMA 2020 [66]. SLR dipilih karena menghasilkan kajian yang sistematis, transparan, dan dapat direplikasi keunggulan yang penting untuk mengidentifikasi pola dan celah penelitian dari korpus literatur yang luas. Pencarian dilaksanakan sepanjang Februari–Maret 2025, dengan cakupan tahun publikasi 2020–2025. Penelitian ini dirancang menjawab empat pertanyaan penelitian: (RQ1) Bagaimana pola evolusi infrastruktur TI dari era *mainframe* hingga era komputasi awan dan seluler? (RQ2) Teknologi terkini apa saja yang diimplementasikan di institusi pendidikan dan apa dampaknya? (RQ3) Apa tantangan utama institusi pendidikan dalam mengadopsi infrastruktur TI modern? (RQ4) Faktor apa yang menentukan keberhasilan transformasi digital di sektor pendidikan?

### 2.2 Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Pemilihan artikel didasarkan pada kerangka PICOS yang diadaptasi untuk penelitian non-klinis: Populasi (institusi/sistem pendidikan), Intervensi (infrastruktur TI dan teknologi terkini), *Comparator* (tidak disyaratkan), *Outcome* (dampak terhadap kualitas dan efisiensi pendidikan), dan *Study Design* (semua desain penelitian). Kriteria inklusi dan eksklusi dijabarkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Studi

Kriteria	Inklusi	Eksklusi
Bahasa	Indonesia atau Inggris	Selain keduanya
Tahun Terbit	2020–2025 (pencarian: Feb–Mar 2025)	Sebelum 2020
Jenis Dokumen	Artikel jurnal peer-review, prosiding bereputasi, buku teks ilmiah	Blog, laporan non-ilmiah, tesis/skripsi
Topik	Infrastruktur TI, transformasi digital, teknologi pendidikan (AI/IoT/Cloud/Big Data)	Topik di luar TI atau pendidikan
Aksesibilitas	Teks lengkap tersedia (open access atau akses institusional)	Hanya abstrak tanpa teks lengkap

### 2.3 Sumber Data, Strategi Pencarian, dan Proses Seleksi

Pencarian dilakukan pada tiga basis data: Scopus, Google Scholar, dan Garuda (Garba Rujukan Digital). Strategi pencarian menggunakan operator Boolean: pada Scopus menggunakan kombinasi "IT infrastructure" OR "digital infrastructure" AND "digital transformation" AND "cloud computing" OR "artificial intelligence"; pada Google Scholar/Garuda menggunakan "infrastruktur TI" OR "transformasi digital" AND "pendidikan" AND "cloud computing" OR "kecerdasan buatan". Seleksi artikel berjalan dalam empat tahap sesuai alur PRISMA 2020, menghasilkan 121 rekaman awal (Scopus: n=32; Google Scholar/Garuda: n=89). Setelah 21 duplikat dihapus, 100 rekaman unik disaring berdasarkan judul dan abstrak; 36 dieksklusi karena tidak relevan. Penilaian kelayakan teks lengkap menghasilkan 64 artikel yang memenuhi kriteria inklusi, seluruhnya melewati penilaian kualitas adaptasi CASP yang mencakup relevansi pertanyaan penelitian, kejelasan metodologi, dan validitas temuan.

## 3. HASIL

### 3.1 Karakteristik Studi yang Disertakan

Sebanyak 64 artikel disertakan dalam sintesis akhir. Dari segi waktu, 71,9% artikel (n=46) diterbitkan pada 2022–2025, mencerminkan lonjakan literatur pascapandemi di bidang transformasi digital pendidikan. Distribusi metode menunjukkan dominasi kajian literatur dan SLR (42,2%; n=27), diikuti penelitian kuantitatif (25,0%; n=16), studi kasus (17,2%; n=11), dan penelitian kualitatif (15,6%; n=10). Secara tematik, evolusi infrastruktur TI (14 artikel) dan *cloud computing* (12 artikel) mendapat perhatian terbesar, sementara *big data* dan *cybersecurity* (masing-masing 4 artikel) mengindikasikan celah penelitian yang masih terbuka. Karakteristik 15 studi representatif disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Karakteristik Studi Representatif yang Disertakan

No	Penulis (Tahun)	Topik Utama	Metode	Temuan Kunci
1	Segara & Nasution (2025)	Perkembangan TI di Indonesia	Kaji. Literatur	Setiap era TI membuka peluang sekaligus tantangan baru bagi institusi Indonesia
2	Agista & Hendrawati (2025)	Transformasi Pendidikan & TI	SLR	Modernisasi TI berkontribusi pada efisiensi hanya jika disertai investasi pada SDM dan jaringan
3	Apriliana et al. (2024)	Penerapan AI di Indonesia	Kaji. Literatur	AI mempercepat transformasi sektor publik dan pendidikan, namun mensyaratkan kesiapan regulasi
4	Furqon et al. (2023)	Dampak LMS pada mahasiswa	Kuantitatif	LMS terbukti meningkatkan keterlibatan belajar pada institusi dengan SDM yang melek digital
5	Alfalah (2023)	Adopsi m-LMS di Arab Saudi	Kuantitatif	Kemudahan antarmuka dan relevansi konten menjadi prediktor utama penerimaan m-LMS
6	Lazwardi & Kurniawan (2025)	Transformasi Digital Manajemen	Kaji. Literatur	Digitalisasi memperbaiki aksesibilitas manajemen sekolah bila dibarengi kebijakan yang konsisten
7	Nashrullah et al. (2025)	Kebijakan Digital Pendidikan	Analisis Kebijakan	Kebijakan TI yang koheren mendorong kualitas pembelajaran di Indonesia
8	Sudrajat et al. (2024)	E-Learning di Madrasah	Studi Kasus	Integrasi LMS berbasis e-learning meningkatkan kualitas akademik di madrasah
9	Hafiduddin & Abdullah (2024)	Smart Classroom Inklusif	Studi Desain	Smart classroom mendukung kurikulum inklusif ketika infrastruktur dan kurikulum diselaraskan
10	Hidayat et al. (2025)	Smart Classroom di PT Islam	Kualitatif	Keterbatasan infrastruktur dan kompetensi dosen menjadi penghalang di perguruan tinggi Islam swasta
11	Mijwil et al. (2022)	Cybersecurity Smart Cities	Review	Ancaman siber makin beragam seiring integrasi infrastruktur TI di kota pintar
12	Alshuaibi et al. (2025)	ML untuk Cybersecurity	SLR	Machine learning efektif mendeteksi ancaman siber secara langsung (real-time)
13	Altulaihan et al. (2022)	Ancaman Cybersecurity IoT	Review	Ekosistem IoT rentan serangan; mitigasi berlapis diperlukan
14	Nugraha & Rochimat (2025)	SIM Berbasis Cloud	Studi Kasus	Cloud computing meningkatkan efisiensi administrasi SIM sekolah menengah
15	Miftakhudin et al. (2025)	E-Learning Cloud di Indonesia	Kajian	Platform cloud mendukung optimalisasi pembelajaran jarak jauh

### 3.2 Pemetaan Tematik: Matriks Sintesis

Guna menjawab seluruh RQ secara integratif, 64 artikel dikelompokkan ke dalam tujuh tema berdasarkan topik dan teknologi yang dibahas. Tabel 3 merangkum distribusi, metode dominan, temuan utama, dan implikasi tiap tema.

Tabel 3. Matriks Sintesis Tematik (64 Artikel)

No	Tema	Jml	Metode Dominan	Temuan Utama	Implikasi
1	Evolusi Infrastruktur TI	14	Kajian Literatur / SLR	Lima fase: mainframe → PC → klien/server → enterprise → cloud/mobile	Setiap fase memperluas aksesibilitas dan efisiensi institusi pendidikan
2	Cloud Computing	12	Kuantitatif, Studi Kasus, SLR	Adopsi cloud meningkat; biaya infrastruktur fisik berkurang	Optimalisasi PJJ, efisiensi administrasi, aksesibilitas lintas perangkat
3	LMS & E-Learning	11	Kuantitatif, Studi Kasus	LMS meningkatkan keterlibatan belajar; adopsi dipengaruhi kemudahan penggunaan	Hasil belajar membaik; hambatan utama adalah literasi digital yang belum merata
4	AI & Pembelajaran Adaptif	10	Kajian Literatur, Kualitatif	AI personalisasi konten; mentor virtual; umpan balik langsung	Efektivitas meningkat; hambatan: infrastruktur dan kompetensi SDM
5	Smart Classroom & IoT	9	Studi Desain, Kualitatif	Integrasi sensor, IoT, dan layar interaktif; otomasi lingkungan kelas	Hasil belajar meningkat di perkotaan; kendala infrastruktur di daerah terpencil
6	Big Data & Analitik	4	Kajian Literatur	Analisis pola belajar skala besar; identifikasi siswa berisiko	Keputusan berbasis data; optimasi kurikulum berbasis bukti
7	Keamanan Siber	4	SLR, Review	Ancaman siber meningkat seiring digitalisasi; ML efektif mendeteksi ancaman	Perlindungan data siswa; mitigasi berlapis pada ekosistem IoT

### 3.3 Evolusi Infrastruktur TI (RQ1)

Sintesis 14 artikel mengidentifikasi lima fase historis yang saling berkesinambungan. Era *mainframe* (1959–kini): IBM 1401 dan 7090 menandai awal penggunaan komersial komputer, hanya terjangkau oleh universitas besar. Era PC (1981–kini): IBM PC mendemokratisasi akses komputasi, laboratorium komputer mulai hadir di sekolah [2]. Era klien/server (1983–kini): arsitektur *client/server* menjadi tulang punggung sistem informasi akademik generasi pertama [18]. Era komputasi perusahaan (1992–kini): integrasi jaringan berbasis TCP/IP melahirkan portal web kampus dan LMS generasi pertama. Era *cloud* dan seluler (2000–kini): model SaaS, PaaS, dan IaaS merevolusi pengelolaan infrastruktur; pada 2020, sekitar 50% anggaran komputasi global dialokasikan untuk infrastruktur *cloud* [19], [27].

### 3.4 Implementasi Teknologi Terkini (RQ2)

Sintesis mengidentifikasi tujuh komponen utama infrastruktur TI: platform sistem operasi, manajemen dan penyimpanan data, platform jaringan, platform internet dan layanan web, perangkat lunak edukasi (LMS, SIM Akademik), perangkat keras *end-user*, dan sistem keamanan informasi. Pada domain AI, 8 dari 10 studi melaporkan dampak positif terhadap personalisasi pembelajaran, namun Hadi & Ali [61] mencatat risiko ketergantungan berlebihan dan isu integritas akademik. *Cloud computing* (12 studi) secara konsisten melaporkan manfaat aksesibilitas dan pengurangan biaya infrastruktur fisik. LMS merupakan teknologi dengan adopsi terluas di Indonesia (*Google Classroom*, Moodle, Schoology). *Smart classroom* (9 studi) menunjukkan manfaat yang tidak merata: terbukti efektif di lingkungan perkotaan (Gunarto & Rosidin, 2024), tetapi terkendala di perguruan tinggi Islam swasta (Hidayat et al., 2025). IoT memungkinkan otomasi lingkungan kelas meski menyimpan kerentanan siber. *Big data analytics* dan *cybersecurity* masih menjadi tema yang kurang terwakili (masing-masing 4 artikel), mengindikasikan celah penelitian yang terbuka.

#### 4. PEMBAHASAN

##### 4.1 Perbandingan Kritis: Tiga Mekanisme Kausal Keberhasilan Transformasi Digital

Ketika 64 artikel dibandingkan secara kritis, pola divergensi temuan bukan sekadar variasi metodologis, melainkan cerminan kondisi kontekstual yang fundamental berbeda. Sintesis ini mengidentifikasi tiga mekanisme yang saling berinteraksi.

Pertama, mekanisme *absorptive capacity*: institusi dengan kapasitas absorptif yang tinggi ditandai oleh kompetensi digital SDM, pengalaman adopsi sebelumnya, dan budaya inovasi cenderung menuai manfaat lebih besar dari AI, LMS, atau *smart classroom* [51]. Ini menjelaskan kontras antara temuan Furqon et al. [20] di universitas teknik yang melek digital dengan hambatan serius yang ditemukan Hidayat et al. [51] di perguruan tinggi Islam swasta.

Kedua, mekanisme komplementaritas infrastruktur: dampak *cloud computing*, AI, dan IoT bergantung pada konektivitas yang stabil, perangkat *end-user* yang memadai, dan sistem manajemen data yang andal. Ketika infrastruktur komplementer tidak terpenuhi seperti di banyak sekolah daerah 3T, adopsi teknologi canggih justru menimbulkan frustrasi dan pemborosan investasi [40]. Temuan Gunarto & Rosidin [23] di perkotaan berbanding terbalik dengan temuan Tujantri et al. [55] dan Wijayanti et al. [52] di sekolah menengah dengan infrastruktur listrik dan jaringan yang tidak stabil.

Ketiga, mekanisme tata kelola data (*data governance*): adopsi *big data analytics* dan AI yang efektif mensyaratkan standar kualitas data, kebijakan privasi, dan kapasitas analitik institusional yang matang [16]. Tanpa tata kelola data yang memadai, potensi *big data* dalam pengambilan keputusan pendidikan tidak dapat diwujudkan. Ketiga mekanisme ini membentuk segitiga keberhasilan transformasi digital yang saling memperkuat.

Tabel 4 menyajikan perbandingan kritis temuan yang berbeda dan bertentangan antarstudi berdasarkan ketiga mekanisme tersebut.

**Tabel 4.** Perbandingan Kritis Temuan yang Berbeda dan Bertentangan Antarstudi

Domain Teknologi	Studi dengan Temuan Positif	Studi dengan Temuan Kritis/Bertentangan	Faktor Penyebab Perbedaan
AI & LMS	Furqon et al. [20]; Mansyur [59]; Wahyudinarti et al. [63]	Hadi & Ali [61]; Hidayat et al. [51]	Absorptive capacity SDM; konteks institusi (perkotaan vs. swasta daerah); durasi pengukuran (jangka pendek vs. panjang)
Smart Classroom	Gunarto & Rosidin [23]; Hafiduddin & Abdullah [49]	Hidayat et al. [51]; Wijayanti et al. [52]	Infrastructure complementarity; kesiapan infrastruktur listrik dan internet; jenjang pendidikan (SMA vs. PT)
Cloud Computing	Miftakhudin et al. [19]; Nugraha & Rochimat [33]; Firmansyah et al. [32]	Tidak ada studi eksplisit yang menolak; risiko vendor lock-in tidak dikaji	Semua studi berbasis institusi berkoneksi; tidak ada studi di wilayah 3T
IoT & Cybersecurity	Sari et al. [57]; Hirzan et al. [8]; Alshuaibi et al. [37]	Altulaihan et al. [36]; Mijwil et al. [34]	Paradoks konektivitas: semakin terhubung, semakin luas permukaan serangan siber

##### 4.2 Model Konseptual Transformasi Digital Pendidikan (MKTDP)

Berdasarkan sintesis kritis terhadap 64 artikel, penelitian ini mengusulkan MKTDP yang menggambarkan hubungan kausal antara empat lapisan: evolusi infrastruktur TI, adopsi teknologi terkini, kondisi moderasi, dan dampak terhadap transformasi pendidikan. Model ini merupakan kerangka pertama yang secara eksplisit mengintegrasikan kondisi moderasi dan *boundary conditions* yang menentukan apakah dampak teknologi bersifat positif atau negatif.

Lapisan pertama (Fondasi Infrastruktur TI) mencakup lima fase historis yang bersifat kumulatif: institusi yang melewati setiap fase dengan investasi memadai membangun kapasitas absorptif yang lebih tinggi. Lapisan kedua (Teknologi Terkini) mencakup ketujuh teknologi yang hasilnya tidak ditentukan oleh kecanggihan teknologi itu sendiri, melainkan oleh interaksi dengan lapisan kondisi moderasi. Lapisan ketiga (Kondisi Moderasi) adalah tiga mekanisme kausal yang telah diidentifikasi: *absorptive capacity* SDM, komplementaritas infrastruktur, dan tata kelola data. Lapisan keempat (Dampak

Transformasi) bersifat multidimensi dan kontingen: positif (personalisasi, efisiensi, keamanan data, keputusan berbasis data) maupun negatif (degradasi otonomi kognitif, perluasan serangan siber, *vendor lock-in*).

**Tabel 5.** Model Konseptual Transformasi Digital Pendidikan Berbasis Infrastruktur (MKTDP)

Lapisan	Komponen	Mekanisme Kerja	Kondisi Kritis
1. Fondasi Infrastruktur	5 Fase Historis TI	Menentukan kapasitas dasar dan absorptive capacity institusi	Setiap fase membutuhkan investasi komplementer; tidak bisa dilompati
2. Teknologi Terkini	AI, Cloud, LMS, Smart Class, IoT, Big Data, Cybersecurity	Diimplementasikan di atas fondasi infrastruktur yang ada	Kecanggihan teknologi bukan jaminan dampak positif
3. Kondisi Moderasi	(a) Absorptive capacity SDM (b) Komplementaritas infrastruktur (c) Tata kelola data	Menentukan arah dan besaran dampak teknologi	Defisit pada salah satu kondisi dapat membalikkan dampak menjadi negatif
4. Dampak Transformasi	Positif: personalisasi, efisiensi, keamanan data, keputusan berbasis data. Negatif: degradasi kognitif, perluasan serangan siber, vendor lock-in	Bergantung pada kualitas lapisan 1-3	Dampak bersifat kontingen, bukan deterministik

Model ini memiliki implikasi praktis langsung: kebijakan transformasi digital tidak boleh menetapkan teknologi sebagai tujuan (*technology-push*), melainkan harus dimulai dari penilaian kesiapan ketiga kondisi moderasi (*needs-pull*). Institusi dengan kondisi moderasi yang defisit seperti yang umum ditemukan di daerah 3T Indonesia perlu diprioritaskan untuk penguatan lapisan fondasi sebelum adopsi teknologi lapisan dua dipaksakan.

#### 4.3 Celah Penelitian dan Agenda Lanjutan

Sintesis ini secara sistematis mengidentifikasi empat celah penelitian utama, yang dirangkum dalam Tabel 6.

**Tabel 6.** Research Gap yang Teridentifikasi dan Agenda Penelitian Lanjutan

Gap Penelitian	Bukti dari Sintesis Ini	Metode yang Diusulkan	Kontribusi yang Diharapkan
Absennya studi longitudinal	82% studi cross-sectional; tidak ada pengukuran dampak jangka panjang	Kohort longitudinal 2 tahun, pengukuran berkala	Menentukan keberlanjutan dan kurva adaptasi teknologi pendidikan
Risiko vendor lock-in tidak dikaji	0 dari 64 artikel membahas kedaulatan data/platform risk	Studi komparatif platform global vs. lokal	Rekomendasi kebijakan kedaulatan data pendidikan nasional
Vakum penelitian wilayah 3T	Hampir semua studi berbasis perkotaan/institusi unggulan	Comparative case study multi-situs 3T	Bukti empiris untuk kebijakan pemerataan digital daerah terpencil
Tidak ada evaluasi ketujuh teknologi secara simultan	Setiap studi hanya mengkaji 1-2 teknologi	Pengembangan instrumen IETD; survei 100+ institusi	Pemahaman interaksi antar-teknologi dalam satu ekosistem institusi

#### 4.4 Implikasi Teoritis dan Praktis

Secara teoritis, MKTDP berkontribusi terhadap perdebatan teknodeterminisme versus konstruktivisme sosial dalam teknologi pendidikan, mendukung perspektif *sociotechnical systems*. Model ini juga memperluas teori *IT Capability* [38] dengan menambahkan dimensi tata kelola data

sebagai kondisi moderasi ketiga dimensi yang selama ini kurang mendapat perhatian dalam literatur. Secara praktis, kebijakan transformasi digital perlu bergerak dari model *technology-push* menuju model *needs-pull* yang berangkat dari penilaian kesiapan ketiga kondisi moderasi. Pemerintah perlu memprioritaskan pemerataan konektivitas dan perangkat *end-user* di sekolah 3T, memperkuat kompetensi digital guru sebagai kompetensi inti, dan mengembangkan regulasi perlindungan data pendidikan seiring meningkatnya volume data sensitif yang dikelola secara digital.

## 5. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan dua kontribusi konseptual utama yang melampaui rangkuman literatur. Pertama, identifikasi tiga mekanisme kausal yang menjelaskan mengapa hasil transformasi digital pendidikan sangat bervariasi antarinstansi: *absorptive capacity* SDM, komplementaritas infrastruktur, dan tata kelola data. Perbandingan kritis antarstudi membuktikan bahwa bukan kecanggihan teknologi yang menentukan keberhasilan, melainkan kesiapan ketiga mekanisme ini. Kedua, pengembangan MKTDP kerangka empat-lapisan pertama yang secara eksplisit mengintegrasikan peta evolusi lima fase infrastruktur TI dengan analisis simultan tujuh teknologi terkini beserta kondisi moderasi dan *boundary conditions*-nya.

Kedua kontribusi ini berimplikasi langsung pada kebijakan: transformasi digital pendidikan tidak boleh digerakkan oleh logika *technology-push*. Institusi dengan kondisi moderasi yang defisit terutama di daerah 3T Indonesia memerlukan penguatan fondasi infrastruktur terlebih dahulu. Pemerataan konektivitas internet dan kompetensi digital guru merupakan prasyarat, bukan pelengkap transformasi. Empat celah penelitian yang teridentifikasi absennya studi longitudinal, diabaikannya risiko *vendor lock-in*, vakumnya penelitian di wilayah 3T, dan tidak adanya evaluasi ketujuh teknologi secara simultan membentuk agenda penelitian yang dapat segera ditindaklanjuti oleh komunitas akademik. Keterbatasan penelitian ini mencakup cakupan basis data yang terbatas pada tiga sumber dan dominasi studi *cross-sectional*; penelitian lanjutan disarankan memperluas basis data ke ERIC dan IEEE Xplore serta menggunakan desain longitudinal dan *comparative case study* di wilayah 3T.

## KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Pascasarjana Universitas Halu Oleo atas dukungan akademik selama pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Anggraeni et al., "Pemanfaatan Teknologi Informasi Sebagai Media Pendukung Belajar Siswa Dan Penggunaan Internet Sehat," JIKMAS, vol. 1, no. 1, hal. 18–22, 2023.
- [2] K. G. Segara dan M. I. P. Nasution, "Perkembangan Teknologi Informasi di Indonesia: Tantangan dan Peluang," Jurnal Sains Student Research, vol. 3, no. 1, hal. 21–33, 2025. doi: 10.61722/jssr.v3i1.3128
- [3] C. S. Octiva et al., "Implementasi Teknologi Informasi pada UMKM: Tantangan dan Peluang," Jurnal Minfo Polgan, vol. 13, no. 1, hal. 815–821, 2024. doi: 10.33395/jmp.v13i1.13823
- [4] H. K. Apriliana et al., "Perkembangan Penerapan Teknologi Artificial Intelligence di Indonesia," Jurnal Syntax Admiration, vol. 5, no. 10, hal. 3864–3874, 2024. doi: 10.46799/jsa.v5i10.1486
- [5] M. Endarto dan Martadi, "Analisis Potensi Implementasi Metaverse Pada Media Edukasi Interaktif," BARIK Jurnal S1 Desain Komunikasi, vol. 4, no. 1, hal. 37–51, 2022.
- [6] P. A. Sunarya, "Penerapan Sertifikat pada Sistem Keamanan menggunakan Teknologi Blockchain," Jurnal MENTARI, vol. 1, no. 1, hal. 58–67, 2022. doi: 10.34306/mentari.v1i1.139
- [7] U. A. A. Putra et al., "Smarthome Design Using Raspberry Pi 3 Based on Internet of Things (IoT)," Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia, vol. 22, no. 2, hal. 280, 2025. doi: 10.24014/sitekin.v22i2.37496
- [8] A. M. Hirzan et al., "Prediksi Gas Karbon Monoksida dengan Jaringan Syaraf Tiruan berbasis Internet of Things," JASIEK, vol. 7, no. 2, hal. 154–163, 2025. doi: 10.26905/jasiek.v7i2.14356

- [9] Alimuddin Asriani et al., “Teknologi Dalam Pendidikan: Membantu Siswa Beradaptasi Dengan Revolusi Industri 4.0,” *Jurnal Education*, vol. 05, no. 04, hal. 11777–11790, 2023.
- [10] H. Aliyah dan S. Masyithoh, “Tinjauan Literatur: Peran Teknologi Digital dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran di Sekolah,” *Jurnal Teknologi Pendidikan dan Pembelajaran*, vol. 01, no. 04, hal. 681–687, 2024.
- [11] W. Agista dan T. Hendrawati, “Transformasi Pendidikan Menuju Efisiensi dan Kesetaraan Melalui Pemanfaatan Teknologi Informasi Indonesia,” *Action Research Jurnal Indonesia*, vol. 7, no. 2, 2025. doi: 10.61227/arji.v7i2.353
- [12] M. Endarto et al., “Penggunaan Teknologi Informasi Sebagai Jembatan Reformasi Pendidikan Islam di Indonesia,” *Jurnal Pendidikan Islam*, 2023.
- [13] Andani et al., “Teknologi Augmented Reality dalam Pembelajaran,” *Jurnal Masharif al-Syariah*, vol. 9, no. 204, hal. 1852–1862, 2024.
- [14] H. Haryani et al., “Analisa Peluang Penerapan Teknologi Blockchain dan Gamifikasi pada Pendidikan,” *Jurnal MENTARI*, vol. 1, no. 2, hal. 163–174, 2023. doi: 10.34306/mentari.v1i2.250
- [15] R. Z. Ramadhana dan M. I. P. Nasution, “Analisis Dampak Penerapan Teknologi AI pada Pengambilan Keputusan Strategis dalam Sistem Informasi Manajemen,” *Jurnal Ilmiah Research Development Student*, vol. 2, no. 1, hal. 161–168, 2024. doi: 10.59024/jis.v2i1.579
- [16] V. Ferdiansyah dan M. I. P. Nasution, “Penerapan Teknologi Big Data Dalam Pengembangan Database Pendidikan,” *Jurnal Riset Manajemen*, vol. 1, no. 3, hal. 22–29, 2023. doi: 10.54066/jurma.v1i3.591
- [17] R. A. Putri, “Pengaruh Teknologi dalam Perubahan Pembelajaran di Era Digital,” *Jurnal Computer Digital Business*, vol. 2, no. 3, hal. 105–111, 2023. doi: 10.56427/jebd.v2i3.233
- [18] J. Boehmer, *Management Information Systems*. Elgar, 2024. doi: 10.4337/9781035317189.ch337
- [19] M. Miftakhudin et al., “Optimalisasi Pembelajaran Jarak Jauh pada Institusi Pendidikan di Indonesia melalui Platform E-Learning Berbasis Cloud Computing,” vol. 8, no. 2, hal. 37–42, 2025.
- [20] M. Furqon et al., “The Impact of Learning Management System (LMS) Usage on Students,” *TEM Journal*, vol. 12, no. 2, hal. 1082–1089, 2023. doi: 10.18421/TEM122-54
- [21] B. R. Syaflan et al., “Evaluasi Efektifitas Pengembangan Infrastruktur Jaringan LAN Dan Internet Terhadap Program Sekolah Penggerak Di SMAN 13 Padang,” *Rang Teknik Journal*, vol. 5, no. 2, hal. 212–221, 2022.
- [22] S. H. Andi Saenong et al., “AI dan Cybersecurity untuk Meningkatkan Keamanan dan Keterampilan Digital di SMK Telkom Makassar,” *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, vol. 7, no. 1, hal. 1616–1622, 2026.
- [23] E. Gunarto dan D. N. Rosidin, “Manajemen Pembelajaran Berbasis Smart Classroom untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMA,” *JIEM Islamic Management*, vol. 7, no. 1, hal. 63–78, 2024.
- [24] A. Zahrah et al., “Inovasi Pembelajaran PAI Berbasis Teknologi Informasi: Transformasi Digital dalam Pendidikan Islam,” *Akhlaq Jurnal Pendidikan Agama Islam dan Filsafat*, vol. 2, no. 3, hal. 119–131, 2025.
- [25] M. Ilham dan Y. Yuniarti, “Implementation of Management Information Systems to Enhance Educational Quality,” *Idarah Jurnal Pendidikan dan Kependidikan*, vol. 6, no. 1, hal. 15–26, 2022. doi: 10.47766/idadrah.v6i1.177
- [26] T. Kuncara et al., “Penggunaan Artificial Intelligence Dalam Bidang Pendidikan,” *Jurnal Abdi Masyarakat Multidisiplin*, vol. 2, no. 3, hal. 40–44, 2024. doi: 10.56127/jammu.v2i3.1153
- [27] C. Anwar et al., “Pemanfaatan Cloud Computing untuk Solusi Disaster Recovery dan Kontinuitas Bisnis Sistem Informasi Utama,” *Jurnal Informasi*, vol. 1, no. 1, hal. 161–166, 2025.
- [28] J. G. Jiyan Suhada et al., “Optimalisasi Teknologi Cloud Computing dalam Meningkatkan Efisiensi Belajar Siswa SMP Islam Bahrul Ulum,” *Jurnal GEMBIRA*, vol. 3, no. 3, hal. 955–959, 2025.
- [29] D. M. T. Dinar, “Pelatihan Cloud Computing menggunakan Google Drive sebagai Software as a Service (SaaS) untuk Mendukung Backup Data Tugas Sekolah,” *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 1, no. 3, hal. 150–160, 2024.

- [30] Rio et al., "Pendampingan Pemanfaatan Platform Sistem Informasi Cloud Computing Sebagai Media Penyimpanan Data," *Jurnal LP3MKIL*, vol. 4, no. 1, hal. 52–58, 2024.
- [31] A. Adaninggar dan N. Latifah, "Evaluasi Manfaat Cloud Computing Bagi Mahasiswa dalam Pengembangan Aplikasi," *Jurnal Artificial*, vol. 4, no. 2, hal. 160–170, 2026.
- [32] B. Firmansyah et al., "Implementasi Algoritma Keamanan Data Berbasis Enkripsi Pada Platform Cloud Computing Untuk Pembelajaran Di SMK Cipta Insani Mandiri," *Journal of Data Analysis Information and Computer Science*, vol. 2, no. 1, hal. 81–96, 2025. doi: 10.70248/jdaics.v2i1.1804
- [33] M. S. Nugraha dan H. Rochimat, "Efektivitas Penerapan Sistem Informasi Manajemen Pendidikan Berbasis Cloud dalam Meningkatkan Efisiensi Administrasi Sekolah Menengah," *Jurnal Global Ilmiah*, vol. 2, no. 4, hal. 1–9, 2025. doi: 10.55324/jgi.v2i4.175
- [34] M. M. Mijwil et al., "Cybersecurity Challenges in Smart Cities: An Overview and Future Prospects," *Mesopotamian Journal of CyberSecurity*, vol. 2022, hal. 1–4, 2022. doi: 10.58496/MJCS/2022/001
- [35] O. A. Adenekan et al., "Strategies for protecting IT supply chains against cybersecurity threats," *International Journal of Management and Entrepreneurship Research*, vol. 6, no. 5, hal. 1598–1606, 2024. doi: 10.51594/ijmer.v6i5.1125
- [36] E. Altulaihan et al., "Cybersecurity Threats, Countermeasures and Mitigation Techniques on the IoT: Future Research Directions," *Electronics*, vol. 11, no. 20, hal. 1–11, 2022. doi: 10.3390/electronics11203330
- [37] A. Alshuaibi et al., "Machine Learning for Cybersecurity Issues: A Systematic Review," *Journal of Cyber Security and Risk Auditing*, vol. 2025, no. 1, hal. 36–46, 2025. doi: 10.63180/jcsra.thestap.2025.1.4
- [38] D. Lazwardi dan M. A. Kurniawan, "Transformasi Digital Dalam Manajemen Pendidikan dan Aksesibilitas," *Al-Idarah Jurnal Kependidikan Islam*, vol. 15, no. 01, 2025.
- [39] Hermila dan R. Taufik, "E-Learning as a Complementary in Learning: The Realization of Accelerating Digital Transformation in Education," *Jurnal Studi Kebijakan Publik*, vol. 2, no. 1, hal. 69–79, 2023.
- [40] M. Nashrullah et al., "Transformasi Digital dalam Pendidikan Indonesia: Analisis Kebijakan dan Implikasinya terhadap Kualitas Pembelajaran," *Mudir Jurnal Manajemen Pendidikan*, vol. 7, no. 1, hal. 52–59, 2025. doi: 10.55352/mudir.v7i1.1290
- [41] E. Ahyani dan E. M. Duhani, "Transformasi Digital dalam Manajemen Perkantoran Pendidikan: Sebuah Kajian Literatur," *Jurnal Visionary Penelitian dan Pengembangan Administrasi Pendidikan*, vol. 12, no. 1, hal. 205, 2024. doi: 10.33394/vis.v12i1.10785
- [42] S. H. Miftahul Jannah et al., "Transformasi Digital Dalam Manajemen Pendidikan Islam: Peluang Dan Tantangan," *Jurnal Manajemen Pendidikan Islam Darussalam*, vol. 5, no. 1, hal. 131–140, 2023.
- [43] J. Sudrajat et al., "Enhancing the Quality of Learning through an E-Learning-Based Academic Management Information System at Madrasah Aliyah Negeri," *EDUKASIA Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, vol. 5, no. 2, hal. 621–632, 2024. doi: 10.62775/edukasia.v5i2.1724
- [44] A. A. Alfalah, "Factors influencing students' adoption and use of mobile learning management systems (m-LMSs): A quantitative study of Saudi Arabia," *International Journal of Information Management Data Insights*, vol. 3, no. 1, hal. 100143, 2023. doi: 10.1016/j.jjime.2022.100143
- [45] A. Aziz et al., "Analisis Penggunaan Learning Management System Sebagai Media Pembelajaran Pada Mahasiswa Tahun Pertama," *Jurnal Studi Guru dan Pembelajaran*, vol. 7, no. 1, hal. 13–27, 2024. doi: 10.30605/jsgp.7.1.2024.3354
- [46] S. P. Saragih dan M. Silalahi, "Pengembangan Learning Management System berbasis Web menggunakan konsep MOOC," *Jurnal Desain dan Analisis Teknologi*, vol. 3, no. 1, hal. 15–21, 2024. doi: 10.58520/jddat.v3i1.42
- [47] E. Andari, "Implementasi Kurikulum Merdeka Belajar Menggunakan Learning Management System (LMS)," *Allimna Jurnal Pendidikan Profesi Guru*, vol. 1, no. 2, hal. 65–79, 2022. doi: 10.30762/allimna.v1i2.694

- [48] T. Maryani et al., "Smart Classroom Program: Perceptions of SDIT Ash-Shiddiqi Teachers," *International Journal of Arts and Social Science*, vol. 6, no. 12, hal. 70–78, 2023.
- [49] M. Hafiduddin dan A. Abdullah, "Smart Classroom Design for Inclusive Madrasah: Transforming Curriculum and Digital Learning Environments for Students," *Jurnal Pendidikan*, vol. 11, no. 2, hal. 292–308, 2024.
- [50] M. Rhamadani dan T. Sutabri, "Desain Sistem Multimedia Interaktif Berbasis Gesture untuk Penggunaan dalam Lingkungan Smart Classroom," *Jurnal Sains Student Research*, vol. 3, no. 2, hal. 461–465, 2025.
- [51] Y. Hidayat et al., "Smart Classroom-Based Learning: Difficulties and Challenges at Islamic Private Higher Education," *Journal of Corner of Education Linguistics and Literature*, vol. 4, no. 001, hal. 447–458, 2025. doi: 10.54012/jcell.v4i001.407
- [52] F. Wijayanti et al., "Penguatan peran guru dalam ekosistem smart classroom di SMP Negeri 4 Jember," *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*, vol. 9, no. 1, 2026.
- [53] Y. N. A. Pratiwi et al., "Perancangan Antarmuka Sistem Informasi Smart Classroom Menggunakan Metode Design Thinking," *Jurnal Computer Science Visual Communication Design*, vol. 7, no. 1, hal. 36–47, 2022. doi: 10.55732/jikdiskomvis.v7i1.505
- [54] E. Gunarto dan A. Mulyana, "Pendekatan Sosiologi dalam Model Pembelajaran Smart Classroom di Sekolah," *JoIEM Journal of Islamic Education Management*, vol. 4, no. 1, hal. 53–67, 2023. doi: 10.30762/joiem.v4i1.828
- [55] H. Tujantri et al., "Peningkatan Literasi Sains Menggunakan Metode Problem Based Learning Berbasis Pembelajaran Smart Classroom," *Jurnal Muara Pendidikan*, vol. 7, no. 2, hal. 255–261, 2022. doi: 10.52060/mp.v7i2.882
- [56] I. Muthi, "Evaluasi Program Digital Smart Classroom: Pendekatan CIPP untuk Meningkatkan Kualitas Pembelajaran," *Journal of Education and Development*, vol. 12, no. 3, hal. 399–405, 2024.
- [57] I. P. Sari et al., "Sistem Smart Class Berbasis Internet of Things (IoT)," *sudo Jurnal Teknik Informatika*, vol. 4, no. 1, hal. 33–39, 2025. doi: 10.56211/sudo.v4i1.778
- [58] A. Agustina dan Y. Suharya, "Penerapan Teknologi Kecerdasan Buatan (AI) Dalam Bidang Pendidikan Menuju Generasi Indonesia Emas 2045," *Prosiding Temu Ilmiah Nasional Guru XVI*, vol. 16, hal. 129–138, 2024.
- [59] Mansyur, "Integrasi Artificial Intelligence dalam Pembelajaran," *International Journal of Education Technology*, vol. 12, no. 3, hal. 200–215, 2024.
- [60] A. Kodir, "Peran Artificial Intelligence (AI) dalam Meningkatkan Layanan Pendidikan di SMP/MTs," *Manajemen Kreatif Jurnal*, vol. 3, no. 1, hal. 95–104, 2025. doi: 10.55606/makreju.v3i1.3622
- [61] Z. Hadi dan M. Ali, "Analisis Dampak Negatif Penggunaan Artificial Intelligence dalam Pendidikan," *Jurnal Ilmu Pendidikan Sosial*, vol. 3, no. 02, hal. 165–174, 2025. doi: 10.71382/sinova.v3i02.282
- [62] D. Apriliani, "Penggunaan Artificial Intelligence dalam Pembelajaran Bahasa Indonesia," *DIKBASTRA Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra*, vol. 7, no. 1, hal. 15–21, 2024. doi: 10.22437/dikbastra.v7i1.33262
- [63] E. Wahyudinarti et al., "Meningkatkan Efektivitas Pembelajaran Mahasiswa Dengan AI," *JATI Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 9, no. 1, hal. 488–491, 2024. doi: 10.36040/jati.v9i1.12279
- [64] L. P. A. S. Tjahyanti et al., "Peran Artificial Intelligence (AI) Untuk Mendukung Pembelajaran Di Masa Pandemi Covid-19," vol. 1, no. 2, hal. 15–21, 2022.
- [65] I. Malay et al., "Pemanfaatan ChatGPT dalam Dunia Pendidikan," *Jurnal Pendidikan*, vol. 9, no. 2, hal. 71–76, 2024.
- [66] M. J. Page et al., "The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews," *BMJ*, vol. 372, hal. n71, 2021. doi: 10.1136/bmj.n71