

IMPLEMENTASI TEKNOLOGI DIGITAL DALAM PEMBELAJARAN IPA PADA KURIKULUM MERDEKA: TANTANGAN DAN STRATEGI ADAPTASI GURU (STUDI KASUS DI SMP NEGERI 4 SUKASADA)

Juwidarlian Gulo^{1*}, Ni Made Pujani², Nia Erlina³

Universitas Pendidikan Ganesha^{1,2,3}

e-mail: gulojuwidarlian@gmail.com¹, made.pujani@undiksha.ac.id²,
niaerlina@undiksha.ac.id³

Diterima: 21/07/2026; Direvisi: 30/07/2026; Diterbitkan: 19/08/2026

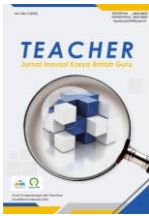
ABSTRAK

Pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran IPA semakin penting dalam mendukung pembelajaran yang interaktif dan sesuai dengan tuntutan Kurikulum Merdeka. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi teknologi digital dalam pembelajaran IPA dengan Kurikulum Merdeka di SMP Negeri 4 Sukasada, mengetahui tantangan yang dihadapi guru, serta strategi adaptasi yang dilakukan dalam mengintegrasikan teknologi digital pada proses pembelajaran. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis studi kasus. Subjek penelitian terdiri atas 2 guru IPA dan 30 siswa kelas VIII. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui wawancara mendalam, observasi, dan studi dokumentasi. Analisis data menggunakan model Miles dan Huberman melalui reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa guru telah memanfaatkan berbagai teknologi digital seperti *PowerPoint*, *Canva*, *Quizizz*, *Kahoot*, *Google Form*, video pembelajaran, dan platform digital lainnya dalam proses pembelajaran IPA. Pemanfaatan teknologi digital memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan memperoleh respons positif dari siswa, terutama dalam mendukung motivasi, keterlibatan, dan kemudahan siswa dalam memahami materi pembelajaran. Namun, implementasi teknologi digital masih menghadapi beberapa tantangan, seperti perbedaan kemampuan literasi digital siswa, keterbatasan dalam memilih media yang sesuai, serta kendala jaringan internet. Untuk mengatasi tantangan tersebut, guru menerapkan berbagai strategi adaptasi seperti penggunaan media yang sederhana, berdiskusi dengan rekan sejawat, dan evaluasi berbasis digital. Berdasarkan hasil penelitian, implementasi teknologi digital dalam pembelajaran IPA memberikan dampak positif terhadap proses pembelajaran, meskipun masih diperlukan peningkatan dukungan infrastruktur dan kompetensi guru agar integrasi teknologi dapat berjalan lebih optimal. Penelitian ini memberikan kontribusi berupa identifikasi strategi adaptasi guru dalam mengatasi kendala integrasi teknologi digital pada pembelajaran IPA di tingkat SMP dalam implementasi Kurikulum Merdeka.

Kata Kunci: *Kurikulum Merdeka, Pembelajaran IPA, Strategi Adaptasi Guru, Teknologi Digital.*

ABSTRACT

The use of digital technology in science learning is increasingly important in supporting interactive learning that aligns with the demands of the Kurikulum Merdeka. This study aims to analyze the implementation of digital technology in science learning under the Kurikulum Merdeka at SMP Negeri 4 Sukasada, to identify the challenges faced by teachers, and to



examine the adaptation strategies employed in integrating digital technology into the learning process. This study employed a qualitative approach with a case study design. The subjects consisted of 2 science teachers and 30 eighth-grade students. Data collection techniques included in-depth interviews, observation, and documentation study. Data were analyzed using the Miles and Huberman model, comprising data reduction, data display, and conclusion drawing. The results indicate that teachers have utilized various digital tools such as PowerPoint, Canva, Quizizz, Kahoot, Google Forms, instructional videos, and other digital platforms in science instruction. The use of digital technology effectively enhances students' learning motivation, engagement, and comprehension. However, the implementation still encounters several challenges, including disparities in students' digital literacy skills, limitations in selecting appropriate media, and internet network constraints. To overcome these challenges, teachers applied adaptation strategies such as utilizing simpler media, collaborating with peers, and conducting digital-based evaluations. Overall, the implementation of digital technology in science learning delivers a positive impact, although further improvements in infrastructure support and teacher competence are still required to ensure optimal technology integration. This study contributes by identifying teachers' adaptation strategies in addressing the obstacles of digital technology integration in junior high school science learning within the implementation of the Kurikulum Merdeka.

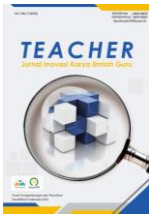
Keywords: *Digital Technology, Merdeka Curriculum, Science Learning, Teachers' Adaptation Strategies.*

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi digital telah membawa perubahan signifikan dalam dunia pendidikan, khususnya melalui Kurikulum Merdeka yang mendorong pemanfaatan teknologi untuk menciptakan pembelajaran yang interaktif dan sesuai kebutuhan siswa (Koelsoem & Kusmiyati, 2024). Dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), integrasi teknologi seperti media interaktif dan aplikasi berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) terbukti mampu menciptakan suasana belajar yang lebih menarik, komunikatif, dan bermakna bagi siswa (Liu & Aziku, 2025). Proses adaptasi dalam mengintegrasikan teknologi ke dalam desain pembelajaran ini menjadi krusial agar teknologi tidak sekadar menjadi alat bantu visual, melainkan benar-benar mendukung ketercapaian kompetensi siswa secara maksimal (Haryanto et al., 2026).

Namun, kondisi ideal tersebut belum sepenuhnya berjalan selaras dengan realitas di lapangan. Implementasi teknologi dalam pembelajaran IPA masih menghadapi tantangan berat berupa kendala teknis dan pedagogis, seperti kurangnya pelatihan guru, belum terintegrasinya media digital dengan tujuan pembelajaran, serta rendahnya literasi digital siswa. Fenomena ini diperkuat oleh hasil survei PISA tahun 2022 yang mengungkapkan bahwa literasi sains dan teknologi siswa Indonesia masih berada di bawah rata-rata negara OECD (OECD, 2023). Hal ini menegaskan adanya kesenjangan (*gap*) antara tuntutan pembelajaran digital yang progresif dan kesiapan strategi guru di kelas. Masalah ini juga teridentifikasi di SMPN 4 Sukasada, di mana keberagaman teknologi yang tinggi justru memicu kesulitan bagi guru dalam memilih media digital yang paling sesuai dengan karakteristik materi IPA dan kebutuhan siswa.

Upaya membedah persoalan ini sebenarnya telah dilakukan melalui beberapa penelitian terdahulu. Sebagai contoh, Febrianto et al. (2025) menekankan pada aspek manfaat



serta peluang teknologi dalam proses pembelajaran secara umum. Sementara itu, Dinçer (2024) membahas tantangan kompetensi *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) yang dialami guru, namun ruang lingkupnya belum menyentuh jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) maupun konteks kurikulum nasional Indonesia. Begitu pula dengan studi dari Saharuddin et al. (2025) yang mengkaji potensi pemanfaatan kecerdasan buatan (AI) oleh pendidik, tetapi belum menyentuh proses adaptasi kreatif atau evaluasi reflektif dari praktik guru di lapangan. Meskipun demikian, belum terdapat penelitian yang secara khusus mengkaji strategi adaptasi guru IPA pada jenjang SMP dalam mengintegrasikan teknologi digital pada implementasi Kurikulum Merdeka melalui pendekatan studi kasus.

Nilai kebaruan (*novelty*) sekaligus inovasi dari penelitian ini terletak pada fokus eksplorasi mikro yang mendalam mengenai strategi adaptasi guru IPA dalam mengelola, memilih, dan menyiasati keterbatasan integrasi teknologi digital secara spesifik pada jenjang SMP di bawah payung Kurikulum Merdeka. Berbeda dengan studi-studi terdahulu yang cenderung melakukan generalisasi, penelitian ini menawarkan gambaran praktis yang nyata dari lapangan, pemetaan hambatan pedagogis-teknis, serta perumusan solusi kontekstual langsung dari ruang kelas di SMPN 4 Sukasada. Melalui pendekatan ini, penelitian diharapkan mampu mengisi celah kosong pada literatur tata kelola instruksional berbasis digital sekaligus memberikan rekomendasi strategis bagi peningkatan mutu pembelajaran IPA di era digital.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus tunggal yang dilaksanakan di SMP Negeri 4 Sukasada, Kabupaten Buleleng, Bali, pada pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Penelitian ini dilaksanakan pada April 2026 di SMP Negeri 4 Sukasada, Desa Panji Anom, Kecamatan Sukasada, Kabupaten Buleleng, Bali. Subjek penelitian ditentukan menggunakan teknik *purposive sampling*. Informan kunci terdiri dari 2 orang guru IPA kelas VIII yang memenuhi kriteria inklusi spesifik, yaitu: (1) memiliki pengalaman mengajar minimal 3 tahun, (2) telah mengintegrasikan teknologi digital dalam proses pembelajaran IPA sekurang-kurangnya selama satu semester, dan (3) aktif mengajar di kelas VIII. Selain itu, 30 siswa kelas VIII dilibatkan sebagai informan pendamping guna memberikan pengayaan perspektif terkait pengalaman belajar berbasis teknologi.

Data dikumpulkan oleh peneliti sebagai instrumen utama melalui tiga teknik terintegrasi, yaitu wawancara mendalam, observasi langsung non-partisipatif, dan studi dokumentasi. Wawancara semi-terstruktur dilakukan kepada guru dan siswa untuk menggali aspek pedagogis, keselarasan Kurikulum Merdeka (diferensiasi dan P5), tantangan teknis serta evaluasi reflektif. Observasi kelas dilakukan untuk mengamati integrasi media digital, dinamika pembelajaran, serta tindakan adaptasi guru saat menghadapi kendala secara riil. Studi dokumentasi dilakukan terhadap perangkat pembelajaran, modul ajar IPA, serta media digital yang digunakan (seperti Canva, presentasi interaktif, dan platform AI) guna memvalidasi data aktivitas pembelajaran di kelas. Instrumen yang digunakan telah divalidasi oleh ahli dan layak untuk digunakan.

Keabsahan data (*trustworthiness*) diuji melalui triangulasi teknik (mengombinasikan wawancara, observasi, dan dokumen pada guru) serta triangulasi sumber (mengomparasikan perspektif guru sebagai pelaksana dengan siswa sebagai penerima manfaat) yang diperkuat

dengan proses *member checking*. Data yang valid kemudian dianalisis secara induktif menggunakan model interaktif Miles dan Huberman (1994) yang meliputi tiga tahapan utama: (1) reduksi data melalui proses seleksi, pemfokusan, dan penyederhanaan transkrip lapangan; (2) penyajian data dalam bentuk matriks naratif deskriptif yang terstruktur; serta (3) penarikan kesimpulan dan verifikasi untuk menjawab fokus penelitian secara komprehensif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Penelitian ini dilaksanakan di SMP Negeri 4 Sukasada, Kabupaten Buleleng, Bali, yang telah mengimplementasikan Kurikulum Merdeka secara bertahap sejak tahun ajaran 2024. Ekosistem digital sekolah didukung oleh keberadaan jaringan internet, proyektor LCD, *Interactive Flat Panel* (IFP), serta pemanfaatan beragam perangkat lunak dan platform *Artificial Intelligence* (AI) seperti ChatGPT dan Meta AI. Subjek penelitian terdiri atas 2 guru IPA kelas VIII (G-1 dan G-2) serta 30 siswa kelas VIII sebagai informan pendamping.

Implementasi Teknologi Digital dalam Pembelajaran IPA

Berdasarkan hasil wawancara mendalam, observasi langsung, dan studi dokumentasi, guru IPA di SMP Negeri 4 Sukasada telah mengintegrasikan beragam media digital pada seluruh tahapan pembelajaran (pendahuluan, inti, dan penutup). Peta distribusi pemanfaatan media digital ini dirangkum dalam Tabel 1.

Tabel 1. Distribusi Pemanfaatan Media Digital dalam Tahapan Pembelajaran IPA

No.	Tahapan Pembelajaran	Media/Platform Digital yang Digunakan	Tujuan Aksentuasi Operasional
1.	Pendahuluan	<i>Video YouTube, TikTok, Canva, Spin Wheel</i>	Persepsi, apersepsi, dan stimulasi motivasi awal
2.	Inti	<i>PowerPoint, IFP, Simulasi Sains, Video Eksperimen</i>	Visualisasi konsep abstrak dan eksplorasi kontekstual
3.	Penutup	<i>Quizizz, Kahoot, Google Form, WhatsApp Group</i>	Evaluasi formatif, refleksi, dan tugas mandiri

Berdasarkan Tabel 1, integrasi media pada tahap inti terbukti secara empiris mendukung keterlibatan kognitif dan visual siswa. Guru tidak sekadar menggunakan teknologi secara tunggal, melainkan memadukan beberapa saluran media secara simultan. Hal ini terkonfirmasi dari pernyataan guru:

"Pelaksanaan yang saya lakukan saat menggunakan teknologi digital seperti PPT, video pembelajaran, simulasi, serta platform seperti grup WA. Selain itu juga menggunakan aplikasi Quizizz atau Kahoot untuk evaluasi pembelajaran." (Wawancara G-1)

Penggunaan perangkat lunak visual juga dikombinasikan dengan perangkat keras interaktif dalam proses pembelajaran. G-2 menjelaskan bahwa media yang digunakan mencakup presentasi, video pembelajaran, Quizizz, Google Form, Canva, YouTube, TikTok, LCD, dan layar interaktif. Keberagaman media tersebut menunjukkan bahwa guru

menyesuaikan penggunaan teknologi dengan kebutuhan pembelajaran dan karakteristik materi yang disampaikan.

"Saya menggunakan media presentasi, video pembelajaran, Quizizz, Google Form, Canva, YouTube, TikTok, LCD, dan layar interaktif." (Wawancara G-2)

Penggunaan teknologi interaktif dalam pembelajaran juga terlihat dari aktivitas guru dan siswa ketika memanfaatkan *Interactive Flat Panel* (IFP) dan media visual di dalam kelas. Guru menggunakan perangkat tersebut untuk memandu siswa dalam mengeksplorasi konsep-konsep IPA dan memberikan penjelasan melalui tampilan visual yang lebih konkret. Dokumentasi penggunaan teknologi di dalam kelas disajikan pada Gambar 1.



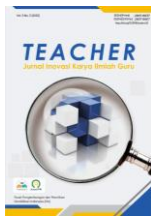
Gambar 1. Penggunaan Teknologi Di Dalam Kelas

Pada Gambar 1 terlihat proses interaksi pembelajaran ketika guru mengintegrasikan *Interactive Flat Panel* (IFP) dan media visual untuk mendukung eksplorasi konsep IPA. Pemanfaatan perangkat interaktif tersebut membantu memusatkan perhatian siswa dan memberikan representasi visual terhadap materi yang dipelajari. Kondisi ini menunjukkan bahwa teknologi digunakan sebagai bagian dari proses pembelajaran yang mendorong keterlibatan siswa secara lebih aktif.

Penggunaan media audiovisual juga memperoleh respons positif dari siswa karena membantu mereka memahami materi IPA yang dianggap sulit atau abstrak. Siswa menyatakan bahwa gambar, tulisan, video, dan penjelasan melalui proyektor membuat materi lebih mudah dipahami. Temuan tersebut menunjukkan bahwa penggunaan media digital tidak hanya memberikan variasi dalam pembelajaran, tetapi juga membantu siswa memperoleh informasi melalui bentuk penyajian yang lebih konkret.

"Saya mudah memahami karena ada gambar dan tulisan yang sangat menarik sehingga saya dapat memahaminya." (Wawancara S-1)

"Saat guru menjelaskan lewat proyektor, saya lebih mengerti karena ada video dan gambar-gambar terkait materi." (Wawancara S-2)



Implementasi teknologi digital juga menunjukkan adanya upaya guru untuk menyesuaikan pembelajaran dengan keberagaman karakteristik siswa. Guru menggunakan kombinasi video, gambar, catatan, dan presentasi agar informasi dapat diterima melalui berbagai bentuk penyajian. Hal tersebut tercermin dari pernyataan G-2 berikut.

"Ada siswa yang suka melihat, mendengarkan, membaca, sehingga saya mencoba melengkapi presentasi dengan video, catatan, dan gambar." (Wawancara G-2)

Tantangan Guru dalam Mengintegrasikan Teknologi Digital

Meskipun teknologi digital telah digunakan dalam berbagai tahapan pembelajaran, proses integrasinya masih menghadapi sejumlah kendala. Berdasarkan hasil wawancara, observasi, dan dokumentasi, ditemukan empat kategori tantangan utama, yaitu seleksi media spesifik, kesenjangan literasi digital, keterbatasan infrastruktur, dan distraksi pedagogis. Rincian setiap kategori tantangan beserta dampaknya terhadap pembelajaran disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Matriks Tantangan Guru dalam Integrasi Teknologi Digital

No.	Kategori Tantangan	Indikator Permasalahan di Lapangan	Dampak terhadap Pembelajaran
1.	Seleksi Media Spesifik	Keterbatasan dalam menentukan media yang tepat untuk materi IPA tingkat tinggi.	Pemilihan media kurang efektif atau tidak presisi.
2.	Kesenjangan Literasi Digital	Variasi kemampuan operasional gawai dan pemahaman aplikasi antar siswa.	Ritme kelas terhambat; siswa yang belum mahir tertinggal.
3.	Keterbatasan Infrastruktur	Fluktuasi koneksi internet (Wi-Fi), keterbatasan kuota, dan gawai siswa.	Alur pembelajaran digital terganggu atau terhenti mendadak.
4.	Distraksi Pedagogis	Penggunaan gawai memicu kecenderungan siswa membuka aplikasi di luar materi.	Fokus dan konsentrasi belajar siswa terpecah.

Berdasarkan Tabel 2, kendala teknis berupa keterbatasan jaringan internet dan perangkat menjadi salah satu tantangan yang paling sering dirasakan selama pembelajaran. Kondisi tersebut dapat menghambat penggunaan media digital yang membutuhkan koneksi internet secara langsung, terutama ketika siswa mengalami keterbatasan kuota atau tidak memiliki perangkat yang memadai. G-1 mengungkapkan bahwa kendala tersebut secara langsung memengaruhi kelancaran pelaksanaan pembelajaran.

"Tantangan yang sering saya hadapi yaitu keterbatasan jaringan internet, keterbatasan perangkat pada beberapa siswa, seperti kuota habis dan wifi mati." (Wawancara G-1)

Selain kendala infrastruktur, siswa juga mengalami hambatan dalam mengikuti pembelajaran berbasis teknologi karena perbedaan kesiapan perangkat dan kemampuan

menggunakan media digital. Beberapa siswa tidak selalu membawa gawai atau mengalami kesulitan mengikuti materi ketika media yang digunakan bergerak terlalu cepat. Hal tersebut terlihat dari pengalaman S-5 yang menyatakan:

"Pernah mengalami kesulitan karena videonya terlalu cepat dan tidak membawa HP."
 (Wawancara S-5)

Strategi Adaptasi Guru dan Dampak Pembelajaran

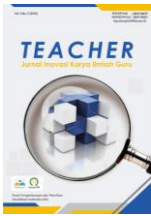
Untuk mengatasi berbagai tantangan tersebut, guru menerapkan sejumlah strategi adaptasi yang disesuaikan dengan kondisi pembelajaran di kelas. Strategi tersebut meliputi belajar mandiri, kolaborasi sejawat, penyesuaian media, evaluasi reflektif, dan pendampingan sebaya. Pemetaan strategi adaptasi guru beserta dampaknya terhadap pembelajaran disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pemetaan Strategi Adaptasi Guru dan Dampaknya terhadap Pembelajaran

No.	Bentuk Strategi Adaptasi	Penjelasan Operasional Guru	Dampak (<i>Impact</i>) terhadap Pembelajaran
1.	Belajar Mandiri	Mengakses tutorial via YouTube, artikel digital, dan webinar.	Peningkatan kompetensi dan kemandirian teknis guru.
2.	Kolaborasi Sejawat	Berdiskusi dalam komunitas belajar/MGMP sekolah.	Terciptanya solusi praktis berbasis pengalaman rekan kerja.
3.	Penyesuaian Media	Menggunakan media <i>offline</i> atau sederhana saat jaringan error.	Pembelajaran tetap berjalan tanpa hambatan jaringan.
4.	Evaluasi Reflektif	Melakukan <i>reflective teaching</i> pasca-pembelajaran.	Peningkatan kualitas pemilihan media untuk sesi berikutnya.
5.	Pendampingan Sebaya	Menerapkan <i>peer tutoring</i> bagi siswa yang gagap teknologi.	Mengatasi kesenjangan literasi digital di antara siswa.

Strategi adaptasi yang diterapkan guru menunjukkan adanya upaya mempertahankan keberlangsungan pembelajaran meskipun terdapat keterbatasan teknologi. Guru tidak bergantung sepenuhnya pada satu jenis media, tetapi menyesuaikan pilihan media dengan kondisi jaringan, perangkat, dan kemampuan siswa. Selain itu, guru memanfaatkan pembelajaran mandiri dan kolaborasi dengan rekan sejawat untuk meningkatkan kemampuan dalam menggunakan teknologi digital.

Penyesuaian media dan pendampingan sebaya juga menjadi strategi penting ketika siswa mengalami kendala dalam mengakses atau mengoperasikan teknologi. Media *offline* atau media yang lebih sederhana digunakan ketika jaringan internet mengalami gangguan, sedangkan siswa yang mengalami kesulitan menggunakan perangkat memperoleh bantuan



dari teman sebaya. Strategi tersebut memungkinkan kegiatan pembelajaran tetap berlangsung sekaligus membantu mengurangi kesenjangan kemampuan digital antarsiswa.

Penerapan berbagai strategi adaptasi tersebut turut memperoleh respons positif dari siswa. Siswa menunjukkan antusiasme yang lebih tinggi ketika pembelajaran menggunakan video, permainan, atau media interaktif yang membuat proses belajar terasa lebih menarik. Hal tersebut terlihat dari pernyataan S-3 dan S-2 berikut.

"Lebih semangat karena menggunakan game atau video lebih seru." (Wawancara S-3)

"Saya sangat bersemangat belajar ketika menggunakan video dan game karena lebih mengerti tentang materi." (Wawancara S-2)

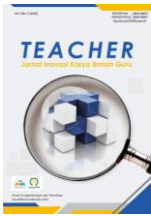
Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi teknologi digital di SMP Negeri 4 Sukasada telah mencakup berbagai tahapan pembelajaran dan menggunakan beragam media sesuai kebutuhan. Di sisi lain, integrasi tersebut masih dipengaruhi oleh tantangan berupa pemilihan media, kesenjangan literasi digital, keterbatasan infrastruktur, dan distraksi penggunaan gawai. Guru merespons tantangan tersebut melalui strategi adaptasi yang bersifat praktis, sehingga teknologi tetap dapat dimanfaatkan untuk mendukung keterlibatan dan pemahaman siswa dalam pembelajaran IPA.

Pembahasan

Temuan penelitian menunjukkan bahwa implementasi teknologi digital dalam pembelajaran IPA di SMP Negeri 4 Sukasada mendukung keterlibatan siswa dan membantu guru dalam menyampaikan materi pembelajaran. Guru tetap berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan penggunaan teknologi sesuai dengan tujuan pembelajaran dan kebutuhan siswa. Pembelajaran IPA yang selama ini diidentikkan dengan hapalan konsep abstrak seperti fenomena gelombang seismik, mekanisme gunung berapi, maupun struktur organ mampu dikonkretkan melalui representasi berganda (*multiple representations*) berbasis simulasi dan video interaktif.

Dalam kerangka teoretis, praktik pedagogis yang ditunjukkan oleh G-1 dan G-2 merefleksikan manifestasi nyata dari kerangka *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) (Mishra & Koehler, 2006). Guru di sekolah ini tidak sekadar memiliki *Technological Knowledge* (TK) secara terisolasi, melainkan sanggup mengelaborasi *Pedagogical Knowledge* (PK) dan *Content Knowledge* (CK) secara terpadu. Keberhasilan ini ditandai oleh ketepatan guru memilih Quizizz untuk asesmen formatif (*gamification*), Canva dan YouTube untuk diferensiasi konten visual, serta proyek miniatur digital untuk integrasi P5 Kurikulum Merdeka. Fenomena ini mengonfirmasi temuan Bilyalova (2020) dan Haleem *et al.* (2022) bahwa pemanfaatan media digital yang terintegrasi secara pedagogis sanggup meningkatkan partisipasi aktif serta akselerasi pemahaman konsep siswa secara bermakna.

Secara kognitif, keberhasilan visualisasi konsep IPA di SMPN 4 Sukasada dapat dijelaskan melalui *Cognitive Theory of Multimedia Learning*. Ketika materi IPA disajikan secara simultan melalui saluran visual (gambar/animasi) dan saluran verbal/auditori (penjelasan guru/isi video), beban kognitif terbagi secara seimbang (*dual-channel processing*). Hal ini dapat membantu mengurangi kemungkinan terjadinya *cognitive overload* sehingga konstruksi memori jangka panjang siswa terhadap materi sains menjadi lebih solid.



Temuan ini secara langsung memperkuat riset terdahulu oleh Farooq *et al.* (2024) dan Aisyah *et al.* (2025), yang membuktikan bahwa integrasi media visual berbasis teknologi dalam sains mampu mendongkrak motivasi internal dan daya ingat konseptual siswa secara signifikan.

Meskipun demikian, penelitian ini mengungkap bahwa penguasaan TPACK tidak berjalan secara linear tanpa hambatan. Kendala infrastruktur dan kesenjangan literasi digital siswa yang ditemukan di SMPN 4 Sukasada mengonfirmasi temuan Dinçer (2024) serta Rahmat *et al.* (2023). Dinçer (2024:112) menggarisbawahi bahwa guru sering kali mengalami intimidasi teknis tatkala dihadapkan pada gangguan jaringan dan keterbatasan perangkat siswa. Namun, nilai kebaruan (*novelty*) dari penelitian di SMPN 4 Sukasada ini terletak pada bentuk *strategi adaptasi mikro* yang dikembangkan guru secara mandiri di lapangan.

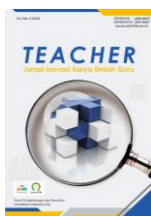
Berbeda dengan subjek dalam penelitian Rahmat *et al.* (2023) yang cenderung pasif saat menghadapi keterbatasan fasilitas, guru di SMPN 4 Sukasada melakukan mitigasi taktis melalui lima pilar adaptasi. Penerapan *peer tutoring* (pendampingan teman sebaya) menunjukkan potensi untuk menjembatani kesenjangan literasi digital antarsiswa tanpa mengganggu ritme kelas. Selain itu, pilar evaluasi reflektif (*reflective teaching*) yang dijalankan guru secara berkelanjutan menjadi mekanisme kontrol kualitas (*quality control*) agar media digital yang digunakan benar-benar berorientasi pada pencapaian indikator materi, bukan sekadar hiasan visual (Čipková *et al.*, 2024; Supartama *et al.*, 2023).

Dari perspektif manajemen kelas, tantangan berupa distraksi gawai (siswa membuka aplikasi di luar pembelajaran) menegaskan argumen Hamzah *et al.* (2023:85) bahwa integrasi teknologi mensyaratkan redesain kontrol pedagogis. Guru dituntut untuk bertransformasi menjadi pengawas digital yang adaptif (*digital-age classroom manager*). Penetapan aturan main (*contract of learning*) sebelum penggunaan HP serta pengawasan berkala dilakukan sebagai upaya mengurangi distraksi digital siswa selama pembelajaran IPA.

Secara keseluruhan, sintesis temuan ini memperkaya literatur transformasi digital pada jenjang SMP di wilayah sub-urban. Keberhasilan integrasi teknologi digital dalam Kurikulum Merdeka tidak secara mutlak ditentukan oleh kecanggihan sarana prasarana sekolah, melainkan sangat bergantung pada kelenturan adaptasi (*adaptive capacity*), kreativitas, dan komitmen reflektif guru dalam mengelola keterbatasan menjadi peluang pembelajaran yang bermakna (Saharuddin *et al.*, 2025). Dengan demikian, penguatan ekosistem pendukung dan pengembangan kompetensi adaptif guru menjadi faktor penting untuk memastikan pemanfaatan teknologi digital berlangsung secara berkelanjutan dan tetap berorientasi pada kebutuhan belajar siswa.

KESIMPULAN

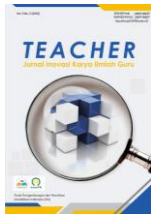
Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi teknologi digital dalam pembelajaran IPA pada Kurikulum Merdeka di SMP Negeri 4 Sukasada ditandai oleh kemampuan guru dalam memadukan beragam media digital dengan kebutuhan pembelajaran dan karakteristik siswa. Temuan utama penelitian terletak pada adanya kapasitas adaptasi guru dalam menghadapi keterbatasan pemilihan media, kesenjangan literasi digital siswa, kendala infrastruktur, dan distraksi penggunaan gawai melalui penyesuaian media, kolaborasi sejawat, pembelajaran mandiri, evaluasi reflektif, serta pendampingan sebaya. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan integrasi teknologi tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan perangkat digital, tetapi juga oleh kemampuan guru dalam menyesuaikan teknologi dengan tujuan pembelajaran dan kondisi nyata di kelas.



Implikasi penelitian ini menunjukkan perlunya penguatan kompetensi digital dan pedagogis guru melalui pelatihan yang berorientasi pada praktik, pemilihan media sesuai karakteristik materi, serta strategi *troubleshooting* ketika terjadi kendala teknis. Sekolah juga perlu memperkuat dukungan infrastruktur dan membangun kolaborasi antarguru agar praktik adaptasi teknologi dapat berlangsung secara berkelanjutan. Penelitian lanjutan disarankan menggunakan pendekatan kuantitatif atau *mixed methods* untuk menguji pengaruh strategi adaptasi guru terhadap literasi sains, keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS), motivasi, dan hasil belajar siswa dengan melibatkan lebih banyak sekolah dan karakteristik wilayah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, K., Hariyanti, U., & Suharsono, A. (2025). Analisis penggunaan ChatGPT dalam pembelajaran dengan model Problem Based Learning terhadap hasil belajar siswa sekolah menengah kejuruan. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(3). <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/14541>
- Bilyalova, A. (2020). Integration of digital technologies into education. *Journal of Digital Art and Humanities*, 1(2), 20-33. https://doi.org/10.33847/2712-8148.1.2_2
- Čipková, E., Karolčík, Š., Fuchs, M., & Vaněková, H. (2024). Slovak science teachers' TPACK and their attitudes toward educational technologies. *Journal of Science Teacher Education*, 35(6), 634–660. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2024.2323779>
- Dinçer, S. (2024). Bridging the Gap in Technology Integration in Education: An Examination of Science Teachers' Competencies and Needs. *Journal of Turkish Science Education*, 21(4), 620-634. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1457789>
- Farooq, E., Zaidi, E., & Shah, M. M. A. (2024). The future classroom: Analyzing the integration and impact of digital technologies in science education. *Jurnal Penelitian Dan Pengkajian Ilmu Pendidikan: E-Saintika*, 8(2), 280-318. <https://doi.org/10.36312/esaintika.v8i2.1957>
- Febrianto, P. T., Nursalim, M., Bachri, B. S., Mustaji, & Mas'udah, S. (2025). Implementation, impact and strategies for facing challenges in the independent learning curriculum in elementary schools. *Multidisciplinary Science Journal*, 7(7), 2025414. <https://doi.org/10.31893/multiscience.2025414>
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275–285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- Hamzah, R. A., Mesra, R., Karo, K. B., Alifah, N., Hartini, A., Agusta, H. G. P., ... & Pinasti, T. (2023). *Strategi Pembelajaran Abad 21*. PT. Mifandi Mandiri Digital.
- Haryanto, E., Hendra, R., Sembiring, D. A. E., Mukminin, A., Sadikin, A., Yusuf, M., & Widana, I. (2026). Factors influencing technology integration of high school english teachers in Indonesia. *Discover Education*, 5(1). <https://doi.org/10.1007/s44217-026-01413-0>



- Koelsoem, O., & Kusmiyati, K. (2024). Peran Teknologi dalam Implementasi Kurikulum Merdeka. *Morfologi: Jurnal Ilmu Pendidikan, Bahasa, Sastra dan Budaya*, 2(6), 297-303. <https://doi.org/10.61132/morfologi.v2i6.1191>
- Liu, J. & Aziku, M. (2025). Role of Adaptive Instructional Pedagogy in Linking STEM Digital Pedagogical Practices and Instructional Integration: Evidence from PISA 2022. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23(8), 3231-3254. <https://doi.org/10.1007/s10763-025-10589-0>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook* (2nd ed.). SAGE Publications.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- OECD. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/53f23881-en>
- Rahmat, A., Kuswanto, H., & Wilujeng, I. (2023). Integrating Technology into Science Learning in Junior High School: Perspective of Teachers. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i5.2922>
- Saharuddin, M. H., Nasir, M. K. M., & Mahmud, M. S. (2025). Exploring Teachers' Technological Pedagogical Content Knowledge in Utilising Artificial Intelligence (AI) for Teaching. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 24(1), 136-151. <https://doi.org/10.26803/ijlter.24.1.7>
- Supartama, I. N. W., Pujani, N. M., & Priyanka, L. M. (2023). Analisis motivasi belajar IPA pada kurikulum merdeka di kelas VII SMP Negeri 2 Singaraja. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Sains Indonesia (JPPSI)*, 6(2), 194-205. <https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPPSI/article/view/69806>