Forum on Understanding and Developing Advanced Innovation for Elementary Studies in Indonesia
Volume 1, Number 1, 2026 pp. 1-14

Open Access: https://proceeding.unesa.ac.id/index.php/fundanesa

KESIAPAN GURU SD MENGIMPLEMENTASIKAN PEMBELAJARAN AI dan CODING: ANALISIS BERDASARKAN KERANGKA TPACK

Meirza Nanda Faradita[1], Kunti Dian Ayu Afiani[1], Diyas Age Larasati[2]

[1]Universitas Muhammadiyah Surabaya, [2]Universitas Wijaya Kusuma Surabaya

***Correspondence author:** meirzanandafaradita@um-surabaya.ac.id

Article History
Received : 12 Juni 2026
Acccepted : 20 August 2026
Published : 01 November 2026

Keywords
Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK);
Artificial Intelligence (AI);
Coding;
Teacher Readiness;
Elementary Schools;

Abstract

The emergence of artificial intelligence, coding, generative AI, and deep learning is transforming the landscape of 21st-century education and demands teacher readiness that extends beyond the mere mastery of digital tools. This study aims to analyze the readiness of teachers at Pacar Keling V Public Elementary School in Surabaya to implement artificial intelligence and coding-based learning through the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework, which encompasses seven components: Technological Knowledge, Pedagogical Knowledge, Content Knowledge, Technological Pedagogical Knowledge, Technological Content Knowledge, Pedagogical Content Knowledge, and TPACK as an integrated whole. A descriptive qualitative approach was employed, with data collected through interviews with three lower-grade teachers and the school principal, observations of three learning sessions, and document analysis of the curriculum and teacher training records. The data were analyzed using the Miles and Huberman interactive model. The findings reveal a distinctive pattern: teachers demonstrate relatively strong pedagogical knowledge, as reflected in their creativity in designing unplugged activities, thematic integration, and simple digital projects. Meanwhile, their technological knowledge, content knowledge, and the intersections of these knowledge domains with pedagogy remain at an early stage of development. This condition indicates that overall TPACK integration has not yet been fully optimized, despite teachers demonstrating a high level of professional commitment to educational innovation. This study recommends strengthening TPACK-based teacher education curricula in Teacher Training Institutions, implementing tiered professional development programs that integrate technical and pedagogical competencies, and adopting lesson study as a strategy to develop future teachers who are prepared to meaningfully integrate artificial intelligence and coding into elementary education.

Pendahuluan

Perkembangan Artificial Intelligence, coding, generative AI, dan Deep Learning telah mengubah paradigma pendidikan abad ke-21 secara mendasar, mendorong lahirnya kebutuhan keterampilan baru yang sejalan dengan visi Society 5.0, sebuah tatanan masyarakat yang mengintegrasikan teknologi cerdas ke

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

dalam setiap lini kehidupan, termasuk pendidikan. Pada konteks ini, AI Education tidak lagi dipahami sebagai pengenalan teknologi semata, melainkan sebagai upaya menumbuhkan Computational Thinking sejak usia dini, yaitu kemampuan berpikir logis, sistematis, dan berbasis pemecahan masalah yang menjadi fondasi literasi digital generasi muda. Pemerintah Indonesia turut merespons kebutuhan ini melalui kebijakan Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah yang menetapkan Koding dan Kecerdasan Artifisial sebagai mata pelajaran pilihan mulai tahun ajaran 2025/2026, diperkenalkan bertahap sejak kelas lima sekolah dasar, sebagai bagian dari penguatan pembelajaran mendalam dan penyiapan generasi yang mampu bersaing pada era digital.

Guru menjadi aktor utama yang menentukan keberhasilan implementasi kebijakan tersebut di ruang kelas. Namun keberhasilan itu tidak semata ditentukan oleh kemampuan guru mengoperasikan aplikasi atau perangkat kecerdasan buatan, melainkan oleh kemampuan guru memadukan tiga unsur secara bersamaan, yaitu teknologi, pedagogi, dan materi ajar, menjadi pengalaman belajar yang bermakna bagi siswa. Kerangka Technological Pedagogical Content Knowledge yang dirumuskan Mishra dan Koehler menjadi rujukan konseptual yang tepat untuk membaca kesiapan guru secara utuh, sebab kerangka ini menegaskan bahwa penguasaan teknologi tanpa kematangan pedagogi dan pemahaman konten hanya akan menghasilkan integrasi yang dangkal dan tidak berkelanjutan.

Beberapa kajian terdahulu memperkuat posisi TPACK sebagai prediktor penting keberhasilan integrasi kecerdasan buatan di sekolah. Kim dan Kwon (2023) menemukan bahwa guru sekolah dasar di Korea Selatan yang aktif mengajarkan AI justru paling rendah kepercayaan dirinya pada pengetahuan konten, disusul pengetahuan teknologi dan pedagogi. Yue, Jong, dan Ng (2024) pada konteks pendidikan dasar dan menengah menunjukkan bahwa kesiapan TPACK guru berkorelasi kuat dengan sikap positif mereka terhadap pengajaran AI, sedangkan Li (2025) serta Zhao, Li, Long, dan Fan (2025) pada guru matematika sekolah dasar di Tiongkok memperlihatkan bahwa TPACK dan sikap guru menjadi faktor penentu utama adopsi AI, sementara faktor eksternal seperti dukungan institusi dan literasi teknologi siswa berperan sebagai pendukung. Kajian Fontyn, Tondeur, dan Sermeus (2025) melalui tinjauan sistematis terhadap berbagai penelitian TPACK turut menegaskan bahwa riset di bidang ini berkembang pesat namun masih memerlukan kejelasan lebih lanjut mengenai bagaimana masing-masing domain pengetahuan, yakni TK, PK, dan CK, saling membentuk praktik mengajar yang efektif. Pola yang muncul dari rangkaian kajian tersebut menunjukkan bahwa penelitian TPACK terkait AI di sekolah masih didominasi konteks Korea Selatan, Tiongkok, dan kawasan Eropa, sedangkan penelitian pada konteks Indonesia, terutama pada jenjang sekolah dasar, masih terbatas jumlahnya.

Kondisi lapangan di Sekolah Dasar Negeri Pacar Keling V Surabaya turut menggambarkan kesenjangan tersebut. Sebagian guru memiliki pengalaman menggunakan teknologi dasar dalam pembelajaran, tetapi jarang memanfaatkan perangkat berbasis kecerdasan buatan atau coding secara sengaja. Pemahaman guru terhadap pembelajaran mendalam sebagai konsep pedagogis masih terbatas, sebagian besar lebih akrab dengan istilah kecerdasan buatan secara umum daripada memahami bagaimana model pembelajaran adaptif dapat dirancang ke dalam perencanaan pembelajaran. Fasilitas laboratorium komputer belum tersebar merata di setiap kelas, ditambah kendala akses internet yang belum stabil, sementara guru menunjukkan minat belajar tinggi dan kesediaan mengikuti pelatihan meski waktu dan beban kerja menjadi penghambat utama. Sebagian besar penelitian di Indonesia sejauh ini masih mengkaji persepsi guru terhadap AI dan coding secara umum, sedangkan penelitian yang menganalisis kesiapan guru berdasarkan ketujuh komponen kerangka TPACK secara spesifik masih sangat terbatas, khususnya pada jenjang sekolah dasar. Celah inilah yang menjadi titik tolak kebaruan kajian ini.

Bertolak dari uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menganalisis kesiapan guru Sekolah Dasar Negeri Pacar Keling V Surabaya dalam mengimplementasikan pembelajaran AI dan coding berdasarkan kerangka Technological Pedagogical Content Knowledge. Hasil kajian diharapkan menjadi dasar empiris bagi pengembangan program pendidikan guru dan pelatihan profesional berbasis AI yang lebih terarah, khususnya untuk mempersiapkan guru sekolah dasar menghadapi tuntutan kurikulum koding dan kecerdasan artifisial yang mulai diterapkan pemerintah.

Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang bertumpu pada penggalian makna dan pengalaman subjek penelitian secara naturalistik di lingkungan sekolah tempat penelitian berlangsung. Subjek penelitian terdiri atas tiga guru kelas awal, yaitu guru kelas satu, kelas dua, dan kelas tiga, serta kepala Sekolah Dasar Negeri Pacar Keling V Surabaya sebagai informan pendukung.

Data dikumpulkan melalui tiga teknik yang saling melengkapi, yaitu wawancara mendalam, observasi pembelajaran, dan telaah dokumen. Instrumen wawancara dikembangkan berdasarkan tujuh komponen kerangka TPACK, yakni Technological Knowledge, Pedagogical Knowledge, Content Knowledge, Technological Pedagogical Knowledge, Technological Content Knowledge, Pedagogical Content Knowledge, dan TPACK, sehingga setiap butir pertanyaan diarahkan untuk menggali indikator spesifik pada masing-masing domain pengetahuan tersebut. Observasi kelas dilaksanakan pada tiga sesi pembelajaran yang memuat aktivitas pengenalan logika komputasi dasar, mulai dari kegiatan unplugged

hingga pengenalan aplikasi visual sederhana. Telaah dokumen dilakukan terhadap kurikulum sekolah, modul ajar, dan arsip pelatihan guru untuk memperkuat data wawancara dan observasi.

Analisis data mengikuti model interaktif Miles dan Huberman yang berlangsung melalui tiga tahap yang saling berkaitan, yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan simpulan. Pada tahap penyajian data, temuan dikelompokkan ke dalam tujuh kategori sesuai komponen TPACK agar pola kesiapan guru dapat dibaca secara terstruktur dan saling terhubung antardomain pengetahuan.

Hasil

A. Technological Knowledge (TK)

Pengetahuan teknologi guru masih berpusat pada aplikasi perkantoran dasar. Guru kelas satu memiliki pengalaman teknologi yang terbatas dan belum pernah menggunakan perangkat berbasis kecerdasan buatan secara khusus dalam pembelajaran. Guru kelas dua telah mengikuti seminar daring mengenai AI dan coding, namun mengakui masih memiliki keterbatasan dalam mengoperasikan aplikasi di luar Microsoft Office. Guru kelas tiga menunjukkan penguasaan teknologi yang relatif lebih baik dibanding rekan sejawatnya. Kepala sekolah menambahkan bahwa sekolah baru menyelenggarakan satu kali lokakarya pengenalan coding berbasis Scratch selama empat jam yang difasilitasi tim Kelompok Kerja Guru internal, sementara jumlah komputer laboratorium yang layak pakai tercatat lima belas unit untuk sekitar seratus dua puluh siswa kelas satu hingga tiga, menghasilkan rasio satu perangkat untuk delapan siswa.

B. Pedagogical Knowledge (PK)

Dari sisi pedagogi, guru menunjukkan kreativitas dalam menyesuaikan metode mengajar dengan keterbatasan yang ada. Guru kelas satu memilih metode unplugged, yaitu aktivitas tanpa komputer, untuk memperkenalkan logika dasar kepada siswa usia dini. Pengelolaan kelas pada aktivitas Perintah Robot memperlihatkan delapan dari sepuluh siswa terlibat aktif, meski kesulitan muncul ketika instruksi kurang spesifik. Guru kelas dua mengelola pembelajaran berkelompok saat mengenalkan Scratch Jr., dengan tiga sampai empat siswa berbagi satu perangkat karena keterbatasan jumlah komputer. Guru kelas tiga menerapkan proyek bercerita digital sederhana yang mendorong siswa bekerja sama dalam kelompok untuk mengidentifikasi kesalahan pada alur cerita yang mereka susun. Pola pengelolaan kelas ini memperlihatkan bahwa pengetahuan pedagogi guru relatif matang dibanding domain pengetahuan lain.

C. Content Knowledge (CK)

Pemahaman guru terhadap materi AI, coding, Computational Thinking, dan Deep Learning masih tergolong rendah dan bervariasi. Guru kelas satu memahami kedua istilah tersebut secara umum tanpa modul ajar khusus. Guru kelas dua memaknai coding sebagai rangkaian langkah terstruktur dan kecerdasan buatan sebagai sistem yang bertindak cerdas. Guru kelas tiga memiliki pemahaman yang relatif lebih matang, termasuk kesadaran bahwa Deep Learning merupakan bagian dari kecerdasan buatan, meski masih menyatakan kebutuhan pedoman kurikulum resmi untuk mengembangkan materi lebih lanjut. Dokumen kurikulum sekolah pun belum memuat definisi atau capaian pembelajaran khusus terkait AI dan coding, sehingga pemahaman konten guru sebagian besar bersumber dari inisiatif belajar mandiri.

D. Technological Pedagogical Knowledge (TPK)

Guru mulai mencoba memadukan teknologi dengan strategi mengajar, meski hasilnya belum maksimal. Penggunaan Scratch Jr. oleh guru kelas dua menunjukkan upaya menautkan aplikasi visual dengan strategi pembelajaran berkelompok, namun keterbatasan perangkat mengurangi kesempatan eksplorasi individual siswa. Aktivitas Robot Command yang bersifat unplugged pada kelas satu memperlihatkan penyesuaian strategi pedagogis terhadap ketiadaan teknologi, sedangkan flowchart visual pada proyek kelas tiga menjadi jembatan sederhana antara alat digital dan strategi pembelajaran berbasis proyek. Ketiga contoh ini mengindikasikan bahwa irisan TPK sudah mulai terbentuk, tetapi masih bergantung pada inisiatif individual guru, belum menjadi strategi yang disusun secara sistematis dan didukung kebijakan sekolah.

E. Technological Content Knowledge (TCK)

Pemilihan teknologi yang sesuai dengan materi coding tampak dari kesesuaian tingkat kompleksitas alat dengan jenjang kelas. Guru kelas satu memilih pendekatan unplugged karena materi logika dasar dapat disampaikan tanpa perangkat digital, guru kelas dua memilih Scratch Jr. yang representasinya visual dan sesuai untuk memperkenalkan algoritma sederhana pada pelajaran matematika, sedangkan guru kelas tiga memilih aplikasi flowchart visual yang relevan dengan materi computational thinking pada proyek bercerita digital. Pemilihan tersebut menunjukkan kepekaan awal guru terhadap keselarasan antara teknologi dan konten, meski pilihan itu lebih banyak didasarkan pada ketersediaan alat daripada kajian pedagogis yang mendalam mengenai kesesuaian materi.

F. Pedagogical Content Knowledge (PCK)

Guru memahami perlunya menyesuaikan cara mengajarkan coding dengan usia siswa sekolah dasar. Guru kelas satu secara eksplisit menyatakan kebutuhan menyederhanakan materi kompleks agar sesuai kemampuan siswa kelas rendah. Guru kelas tiga menegaskan kesiapannya mengembangkan materi

jika pedoman kurikulum resmi tersedia, sebuah indikasi kesadaran PCK yang mulai terbentuk meski belum ditopang perangkat kurikulum formal. Ketiadaan modul ajar atau rencana pelaksanaan pembelajaran khusus dalam dokumen sekolah memperlihatkan bahwa PCK guru masih berbasis pengalaman personal, belum melembaga menjadi panduan bersama antarguru.

G. TPACK

Sintesis atas keenam domain di atas memperlihatkan bahwa kesiapan guru Sekolah Dasar Negeri Pacar Keling V Surabaya berada pada kategori sedang. Pengetahuan pedagogi guru tergolong relatif tinggi, tercermin dari kreativitas metode unplugged, pembelajaran berkelompok, dan proyek digital sederhana. Namun pengetahuan teknologi, pengetahuan konten, serta irisan keduanya dengan pedagogi masih berada pada tahap awal, dibatasi oleh rasio perangkat satu banding delapan siswa, ketiadaan pedoman kurikulum formal, dan pelatihan yang baru berlangsung satu kali selama empat jam. Ketimpangan antara PK yang tinggi dan TK, CK, TPK, TCK yang masih rendah inilah yang menyebabkan TPACK secara keseluruhan belum optimal, sekalipun kepala sekolah menegaskan dukungan penuh terhadap penguatan kompetensi ini secara bertahap sesuai alokasi anggaran operasional sekolah.

Discussion

4.1 Kesiapan Guru Berdasarkan Dimensi TPACK

Pola ketimpangan antardomain yang ditemukan pada guru Sekolah Dasar Negeri Pacar Keling V Surabaya sejalan dengan temuan Kim dan Kwon (2023) di Korea Selatan, yang juga mendapati guru justru paling lemah pada pengetahuan konten dibanding pengetahuan teknologi dan pedagogi, meski mereka sudah aktif mengajar AI di sekolah unggulan. Kesamaan pola pada dua konteks yang berbeda memperlihatkan bahwa kesenjangan konten bukan semata persoalan sumber daya, melainkan mencerminkan bagaimana kurikulum pendidikan guru pada umumnya belum membekali calon guru dengan literasi konten AI yang memadai. Temuan Yue dkk. (2024) memperkuat gambaran ini dengan menegaskan bahwa kesiapan TPACK guru berbanding lurus dengan sikap positif mereka terhadap pengajaran AI, sebuah pola yang juga tampak pada sikap profesional guru Pacar Keling V yang antusias meski kompetensi teknisnya terbatas. Sementara itu, tinjauan Fontyn dkk. (2025) mengingatkan bahwa banyak penelitian TPACK belum secara eksplisit menjelaskan bagaimana domain TK, PK, dan CK saling berinteraksi membentuk praktik mengajar, sebuah celah yang justru dijawab oleh kajian ini melalui pemetaan tujuh komponen secara terpisah dan saling terhubung.

4.2 Tantangan Integrasi AI dan Coding

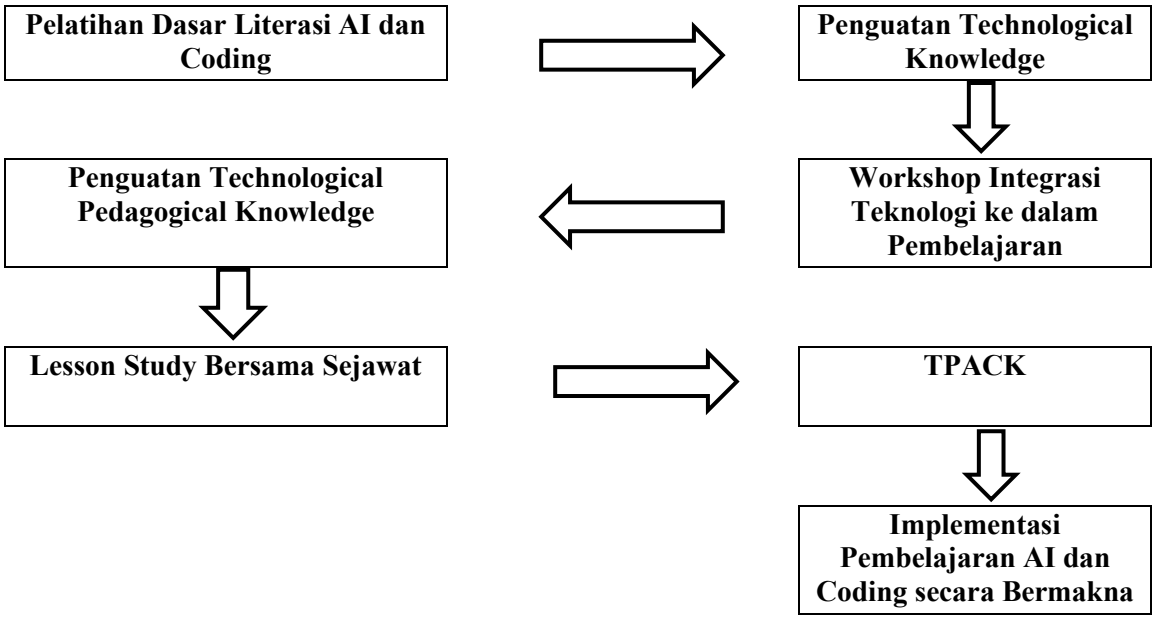
Tiga tantangan utama teridentifikasi dari hasil penelitian, yaitu keterbatasan pelatihan, infrastruktur, dan akses internet. Pelatihan yang hanya berlangsung satu kali selama empat jam jelas tidak memadai untuk membangun irisan pengetahuan yang kompleks seperti TPK dan TCK, yang membutuhkan waktu dan pengulangan praktik agar terbentuk menjadi kebiasaan mengajar yang matang. Rasio perangkat satu banding delapan siswa turut membatasi kesempatan eksplorasi individual, sebagaimana tampak pada sesi pengenalan Scratch Jr. di kelas dua, sementara akses internet yang belum stabil menyulitkan penggunaan aplikasi berbasis daring secara konsisten. Ketiadaan pedoman kurikulum formal memperparah kondisi ini karena implementasi yang berjalan bergantung sepenuhnya pada inisiatif individual guru, bukan kebijakan sekolah yang terstruktur.

4.3 Implikasi bagi Pendidikan Guru

Temuan ini memberi implikasi penting bagi Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan. Ketimpangan antara PK yang tinggi dengan TK, CK, TPK, dan TCK yang rendah pada guru aktif mengindikasikan bahwa program pendidikan calon guru sekolah dasar perlu memasukkan literasi AI, coding, kerangka TPACK, dan Computational Thinking secara terintegrasi ke dalam kurikulum, bukan sekadar sebagai mata kuliah tambahan yang berdiri sendiri. Hal ini sejalan dengan gagasan Li (2025) yang menekankan pentingnya penguatan TPACK sejak masa pendidikan guru agar faktor eksternal seperti dukungan institusi dapat dimanfaatkan secara optimal ketika guru memasuki dunia kerja. Kebijakan Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah yang menetapkan koding dan kecerdasan artifisial sebagai mata pelajaran pilihan mulai tahun ajaran 2025/2026 semakin menegaskan urgensi ini, sebab keberhasilan kebijakan tersebut pada akhirnya bergantung pada kesiapan guru di lapangan, bukan semata pada keberadaan regulasi. LPTK yang mencetak calon guru sekolah dasar perlu memastikan lulusannya memiliki fondasi TPACK yang kokoh sebelum memasuki dunia kerja, sehingga kesenjangan seperti yang ditemukan pada guru Pacar Keling V dapat diminimalkan sejak awal.

4.4 Model Penguatan Kompetensi Guru

Berdasarkan pola kesiapan yang ditemukan, kajian ini mengusulkan model penguatan kompetensi guru yang bersifat berjenjang dan berkelanjutan, dimulai dari penguatan pengetahuan teknologi dasar hingga terbentuknya TPACK yang utuh dan siap diimplementasikan dalam pembelajaran sehari-hari. Model ini disusun berdasarkan pola kebutuhan yang muncul dari temuan penelitian, di mana penguatan TK menjadi pijakan awal sebelum guru mampu membangun irisan TPK melalui workshop integrasi, dan pada akhirnya dikonsolidasikan melalui forum lesson study bersama sejawat.



Gambar 1. Model Penguatan Kompetensi Guru Berbasis TPACK Menuju Implementasi AI dan Coding

Model ini menegaskan bahwa penguatan kompetensi guru tidak dapat ditempuh melalui pelatihan teknis satu kali, melainkan memerlukan tahapan yang saling menopang, dari penguatan pengetahuan dasar hingga konsolidasi melalui refleksi bersama sejawat, sehingga irisan antardomain TPACK terbentuk secara alami melalui praktik berulang, bukan sekadar pemaparan konsep di ruang pelatihan.

Kesimpulan

Kesiapan guru Sekolah Dasar Negeri Pacar Keling V Surabaya dalam mengimplementasikan pembelajaran AI dan coding menunjukkan pola yang tidak dapat dibaca secara tunggal sebagai belum siap. Guru justru memiliki pengetahuan pedagogi yang tergolong tinggi, tercermin dari kreativitas menyusun aktivitas unplugged, pembelajaran berkelompok, dan proyek digital sederhana yang disesuaikan dengan karakteristik siswa. Sebaliknya, pengetahuan teknologi, pengetahuan konten, serta irisan keduanya dengan pedagogi dalam bentuk TPK dan TCK masih memerlukan penguatan, sehingga TPACK secara keseluruhan berada pada kategori sedang dan belum optimal. Kondisi ini memberi arah yang jelas bagi pengembangan program penguatan kompetensi guru, yaitu tidak cukup hanya menyasar pelatihan teknis, melainkan perlu dirancang secara berjenjang mulai dari penguatan TK, workshop integrasi, hingga konsolidasi melalui lesson study. Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan turut memikul tanggung jawab strategis untuk memasukkan literasi AI, coding, dan kerangka TPACK ke dalam kurikulum calon guru sekolah dasar, sejalan dengan kebijakan nasional yang telah menetapkan koding dan kecerdasan artifisial sebagai mata

pelajaran pilihan. Penelitian lanjutan dengan cakupan sekolah yang lebih luas dan pendekatan campuran disarankan untuk menguji generalisasi pola ketimpangan domain TPACK yang ditemukan pada kajian ini.

Daftar Pustaka

Bautista, A., Estrada, C., Jaravata, A. M., Mangaser, L. M., Narag, F., Soquila, R., & Asuncion, R. J. (2024). Preservice teachers' readiness towards integrating AI-based tools in education: A TPACK approach. Educational Process: International Journal, 13(3), 40–68. https://doi.org/10.22521/edupij.2024.133.3

Çelik, İ. (2023). Towards intelligent-TPACK: An empirical study on teachers' professional knowledge to ethically integrate artificial intelligence-based tools into education. Computers in Human Behavior, 138, 107468. https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107468

Fakhriyah, F., Masfuah, S., Hilyana, F. S., & Mamat, N. (2022). Analysis of technological pedagogical content knowledge ability based on science literacy for pre-service primary school teachers in learning science concepts. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 11(3), 399–411. https://doi.org/10.15294/jpii.v11i3.37305

Fontyn, F., Tondeur, J., & Sermeus, J. (2025). A review of reviews on TPACK research: Is there any focus? Computers and Education Open, 9, 100285. https://doi.org/10.1016/j.caeo.2025.100285

Hastomo, T., Mandasari, B., & Widiati, U. (2024). Scrutinizing Indonesian pre-service teachers' technological knowledge in utilizing AI-powered tools. Journal of Education and Learning (EduLearn), 18(4), 1572–1581. https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i4.21644

Irwanto, I., Redhana, I. W., & Wahono, B. (2022). Examining perceptions of technological pedagogical content knowledge: A perspective from Indonesian pre-service teachers. Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 11(1), 142–154. https://doi.org/10.15294/jpii.v11i1.32366

Kementerian Pendidikan Dasar dan Menengah Republik Indonesia. (2025). Peraturan Menteri Pendidikan Dasar dan Menengah Nomor 13 Tahun 2025 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Nomor 12 Tahun 2024 tentang Kurikulum pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah. https://www.antaranews.com/berita/4983541/permendikdasmen-13-2025-koding-dan-ai-resmi-masuk-kurikulum-2025-2026

Kim, K., & Kwon, K. (2023). Exploring the AI competencies of elementary school teachers in South Korea. Computers and Education: Artificial Intelligence, 4, 100137. https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100137

Li, M. (2025). Integrating artificial intelligence in primary mathematics education: Investigating internal and external influences on teacher adoption. International Journal of Science and Mathematics Education, 23(5), 1283–1308. https://doi.org/10.1007/s10763-024-10515-w

Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). Qualitative data analysis: A methods sourcebook (3rd 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

Ning, Y., Zhang, C., Xu, B., Zhou, Y., & Wijaya, T. T. (2024). Teachers' AI-TPACK: Exploring the relationship between knowledge elements. Sustainability, 16(3), 978. https://doi.org/10.3390/su16030978

Perdani, B. U. M., & Andayani, E. S. (2022). Pengaruh kemampuan Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) terhadap kesiapan menjadi guru. Jurnal Pendidikan Akuntansi Indonesia, 19(2), 99–115. https://doi.org/10.21831/jpai.v19i2.46021

Yue, M., Jong, M. S.-Y., & Ng, D. T. K. (2024). Understanding K–12 teachers' technological pedagogical content knowledge readiness and attitudes toward artificial intelligence education. Education and Information Technologies, 29(15), 19505–19536. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12621-2

Zhao, G., Li, M., Long, Z., & Fan, H. (2025). Unlocking AI potential in primary mathematics: Teachers' technological pedagogical readiness in China. Acta Psychologica, 260, 105558. https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.105558