

Kajian Model RAT dalam Mendorong Transformasi Pembelajaran melalui Teknologi Digital: Suatu Literature Review

Engelina Prisca Kalensun¹, Ahmad Robith Firdaus²
Universitas Baliem Papua¹, Universitas PGRI Argopuro Jember²
pos-el: engelinaprisca@gmail.com¹, robithfirdaus03@gmail.com²

ABSTRAK

Transformasi pembelajaran dengan teknologi digital menjadi kebutuhan penting dalam peningkatan mutu pendidikan abad ke-21. Namun, penggunaan teknologi di kelas sering masih sebatas menggantikan alat tradisional tanpa memberikan dampak pedagogis yang berarti. Model RAT (Replacement, Amplification, Transformation) digunakan sebagai kerangka evaluatif untuk melihat tingkat integrasi teknologi secara sistematis. Penelitian ini bertujuan menganalisis peran Model RAT dalam mendorong pembelajaran yang lebih inovatif serta mengidentifikasi faktor pendukung dan hambatannya. Metode yang digunakan berupa literature review terhadap 25 artikel jurnal dan prosiding terbitan 2022-2025 yang diperoleh dari Google Scholar dan Scopus. Data dianalisis melalui reduksi, kategorisasi, dan sintesis literatur. Hasil menunjukkan bahwa penerapan RAT dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran, kreativitas pedagogis, dan literasi digital peserta didik. Level transform menjadi kunci karena memungkinkan kolaborasi, pemecahan masalah, dan pengalaman belajar autentik. Faktor pendukung implementasi meliputi kompetensi digital guru, infrastruktur memadai, serta dukungan kebijakan lembaga. Hambatan utama adalah keterbatasan sarana, resistensi terhadap perubahan, dan kurangnya pelatihan pedagogi digital. Studi ini berkontribusi pada pemetaan komprehensif penggunaan RAT dalam konteks pembelajaran digital dan memberikan rekomendasi strategis bagi pendidik agar integrasi teknologi lebih bermakna dan berkelanjutan.

Kata kunci : *Model RAT, Pembelajaran, Digital, Transformasi, Pedagogis, Literasi*

ABSTRACT

The transformation of learning through digital technology has become an important need in improving the quality of education in the 21st century. However, the use of technology in classrooms often remains limited to replacing traditional tools without producing significant pedagogical impacts. The RAT Model (Replacement, Amplification, Transformation) serves as an evaluative framework to systematically examine levels of technology integration. This study aims to analyze the role of the RAT Model in promoting more innovative learning and to identify its supporting and inhibiting factors. The method used is a literature review of 25 journal articles and proceedings published between 2022 and 2025 sourced from Google Scholar and Scopus. Data were analyzed through reduction, categorization, and comparative synthesis. The results show that applying the RAT Model can improve learning effectiveness, pedagogical creativity, and students' digital literacy. The transformation level is crucial, as it enables collaboration, problem-solving, and authentic learning experiences. Supporting factors include teachers' digital competencies, adequate infrastructure, and institutional policies. Major barriers involve limited resources, resistance to change, and insufficient training in

digital pedagogy. This study contributes a comprehensive mapping of RAT implementation within digital learning contexts and provides strategic recommendations for educators to ensure more meaningful and sustainable technology integration.

Keywords: *RAT Model, Digital, Learning, Transformation, Pedagogical, Literation*

1. PENDAHULUAN

Percepatan adopsi teknologi digital di bidang pendidikan pada rentang tahun 2022-2025 menimbulkan perhatian baru terhadap bagaimana teknologi dapat lebih dari sekadar alat yakni sebagai pemicu perubahan pedagogis yang substansial. Banyak studi terbaru menekankan peran teknologi dalam membentuk pengalaman belajar yang lebih personal, kolaboratif, dan berfokus pada keterampilan abad ke-21, namun juga menegaskan bahwa adopsi perangkat keras atau platform saja tidak otomatis menghasilkan transformasi pembelajaran. Bukti empiris dan tinjauan sistematis menunjukkan kebutuhan akan kerangka kerja yang mampu membedakan penggunaan teknologi yang bersifat substitusi, peningkatan efisiensi, atau benar-benar memungkinkan bentuk tugas dan interaksi belajar yang baru (Bui & Nguyen, 2023).

Salah satu kerangka yang banyak dipakai untuk mengkaji kualitas integrasi teknologi adalah Model RAT (*Replacement, Amplification, Transformation*). Model ini membantu praktisi dan peneliti memetakan tujuan penggunaan teknologi: apakah teknologi sekadar mengganti (*replacement*) metode lama, memperkuat atau meningkatkan efektivitas praktik yang ada (*amplification*), atau mentransformasi tugas belajar sehingga muncul aktivitas yang sebelumnya tidak mungkin dilakukan (*transformation*). Dalam literatur 2022-2025, RAT banyak dipakai

sebagai alat analisis untuk mengevaluasi praktik pembelajaran daring, *blended*, maupun penggunaan *telehealth/tele-instruction* pada konteks profesional (Read, 2022).

Meski semakin banyak studi yang mengadopsi RAT atau model turunannya (mis. PICRAT), temuan utama pada periode 2022-2025 menunjukkan bahwa mayoritas penggunaan teknologi masih berada pada level *replacement* atau *amplification*. Hambatan untuk beralih ke level *transformation* yang berkelanjutan meliputi: (1) keterbatasan kompetensi pedagogis-digital guru/pendidik, (2) keterbatasan infrastruktur dan akses, (3) desain tugas yang kurang menuntut keterampilan tingkat tinggi, serta (4) kurangnya dukungan kebijakan dan kepemimpinan institusional yang mendorong praktik transformasional. Oleh karena itu, pemetaan bukti empiris terbaru penting untuk merumuskan intervensi pelatihan guru, desain kurikulum, dan kebijakan yang mendorong praktik teknologi yang benar-benar transformasional (Wang, 2023).

Kajian mengenai penerapan Model RAT dalam konteks pembelajaran di Indonesia dapat dilihat pada penelitian dilakukan oleh (Lestarina et al., 2022). Penelitian ini mengkaji keyakinan dan praktik integrasi ICT guru EFL selama pembelajaran jarak jauh dan secara eksplisit memetakan tindakan guru pada tiga level RAT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas integrasi

teknologi oleh guru berada pada level *Amplification*, sementara hanya sebagian kecil yang mencapai level *Transformation*. Temuan ini menjadi salah satu bukti empiris awal penggunaan RAT sebagai alat evaluasi praktik pembelajaran berbasis teknologi di Indonesia. Selain itu, artikel dari (Salsabila et al., 2024) juga memanfaatkan Model RAT untuk menilai sejauh mana penggunaan teknologi digital dapat meningkatkan kompetensi digital peserta didik. Penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi di sekolah-sekolah Indonesia masih didominasi oleh penggunaan pada level *Replacement* dan *Amplification*, sedangkan transformasi pembelajaran melalui teknologi belum banyak dioptimalkan. Hal ini memperkuat temuan penelitian sebelumnya bahwa implementasi RAT di Indonesia masih mengalami tantangan dalam mencapai tahap transformasional.

Berdasarkan uraian tersebut, *literature review* ini bertujuan untuk: (1) mensintesis penelitian *open-access* tahun 2022-2025 yang menggunakan atau mereferensikan Model RAT (termasuk adaptasi seperti PICRAT) dalam konteks pembelajaran berbasis teknologi; (2) mengidentifikasi bukti empiris tentang pergeseran dari *replacement* ke *transformation*; dan (3) merumuskan rekomendasi desain pembelajaran dan kebijakan untuk mempercepat transformasi pedagogis melalui teknologi (Bui & Nguyen, 2023).

Novelty penelitian ini terletak pada penguatan perspektif teoretis dan pemetaan empiris penerapan Model RAT (*Replace, Amplify, Transform*) dalam konteks transformasi pembelajaran digital

pascapandemi, dengan fokus publikasi ilmiah periode 2022-2025. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang umumnya menggunakan model SAMR atau TPACK sebagai kerangka analisis utama, studi ini secara spesifik menelaah kontribusi RAT pada dimensi pedagogis, personalisasi pembelajaran, serta evolusi budaya belajar digital. Selain itu, penelitian ini menyajikan sintesis sistematis terhadap 25 artikel *open-access* yang memberikan gambaran komprehensif mengenai tren, tantangan, determinan keberhasilan, dan potensi ekstensi RAT terhadap teknologi pembelajaran berbasis AI, analitik pembelajaran, serta platform kolaboratif. Temuan ini menghasilkan model konseptual kontribusi RAT terhadap transformasi pembelajaran yang lebih inovatif dan *student-centered*, yang belum banyak dikaji dalam literatur nasional. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi baru berupa pemetaan komparatif level integrasi teknologi dalam pembelajaran digital secara terukur, serta rekomendasi strategis untuk memperkuat implementasi RAT pada kebijakan dan praktik pendidikan di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

a. Metode & Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *systematic literature review* (SLR) untuk mengidentifikasi, mengevaluasi, dan mensintesis berbagai temuan penelitian yang membahas implementasi Model RAT (*Replacement, Amplification, Transformation*) dalam konteks transformasi pembelajaran berbasis teknologi digital. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran komprehensif terhadap perkembangan penelitian serta relevansi model dalam konteks pedagogis terkini.

Prosedur penelitian dilakukan secara sistematis melalui tahapan identifikasi publikasi, seleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, ekstraksi informasi, serta analisis tematik. Seluruh proses seleksi dan sintesis mengacu pada panduan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) agar penelitian dapat direplikasi dan terverifikasi secara metodologis.



Gambar 1. Alur Penggunaan Metode SLR

b. Sumber & Basis Data

Pencarian artikel ilmiah dilakukan pada beberapa basis data *open-access* yang kredibel, yaitu *Google Scholar* dan *Scopus*. Pemilihan basis data tersebut didasarkan pada ketersediaan *full-text* bebas akses dan relevansi dengan domain pendidikan serta teknologi pembelajaran. Pencarian literatur menggunakan kombinasi kata kunci dalam bahasa Inggris dan bahasa Indonesia dengan operator Boolean (*AND*, *OR*), meliputi: “*RAT model*” *AND* “*digital learning*”, “*technology integration*” *AND* “*pedagogy*”, “*PICRAT model*” *AND* “*digital transformation*” “*integrasi teknologi*” *AND* “*pembelajaran digital*”

Penelitian dibatasi pada artikel ilmiah yang diterbitkan dalam rentang tahun 2022-2025 untuk menangkap dinamika transformasi pembelajaran digital pascapandemi. Artikel yang diterima berbahasa Inggris dan Indonesia.

c. Kriteria Pencarian

Kriteria Inklusi

Artikel dimasukkan apabila memenuhi syarat berikut:

1. Membahas Model RAT atau turunannya (misalnya PICRAT).
2. Berfokus pada integrasi teknologi dalam konteks pendidikan formal atau nonformal.
3. Menyediakan akses *open-access* dan dapat diunduh dalam bentuk *full-text*.
4. Menyajikan data empiris, analisis teoretis, atau tinjauan konseptual terkait dampak teknologi terhadap pembelajaran.
5. Dipublikasikan pada jurnal bereputasi atau prosiding akademik terindeks.

Kriteria Eksklusi

Artikel dikeluarkan apabila:

1. Tidak menyediakan teks lengkap atau berada di balik paywall.
2. Tidak relevan dengan fokus pedagogis atau teknologi pembelajaran.
3. Dipublikasikan pada jurnal predator atau tidak terindeks.
4. Mengandung metodologi lemah atau tidak terverifikasi.
5. Merupakan duplikasi dari publikasi lain.

d. Teknik Ekstraksi & Analisis Data

Data yang diekstraksi dari setiap artikel mencakup:

- Penulis dan tahun publikasi
- Konteks pendidikan yang dikaji
- Teknologi atau platform yang digunakan
- Level RAT (Replacement, Amplification, Transformation)
- Metode penelitian
- Temuan utama dan implikasinya

Data dimasukkan ke dalam matriks analisis untuk menjaga konsistensi dan reliabilitas ekstraksi.

Analisis dilakukan menggunakan pendekatan *thematic synthesis*. Proses ini meliputi:

- Kategorisasi temuan berdasarkan tema dominan
- Perbandingan penerapan teknologi antar-konteks pendidikan
- Identifikasi faktor yang mendorong atau menghambat transformasi

e. Pertimbangan Etika

Seluruh sumber yang digunakan merupakan publikasi *open-access*, sehingga penggunaan datanya tidak melanggar hak cipta. Analisis dilakukan tanpa mengubah substansi asli, memastikan integritas akademik tetap terjaga.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kajian penelitian tahun 2022-2025 menunjukkan bahwa penggunaan Model RAT dalam integrasi teknologi pembelajaran di Indonesia terus meningkat, tetapi sebagian besar masih berada pada tahap *Replacement* dan *Amplification*, sementara tahap *Transformation* masih jarang ditemukan. Pada tahap *Replacement*, teknologi hanya menggantikan cara manual, seperti penggunaan LMS untuk membagikan materi, video conference untuk pertemuan kelas, atau digitalisasi tugas. Penggunaan ini membuat proses lebih efisien, tetapi belum mengubah cara belajar dan mengajar secara signifikan.

Pada tahap *Amplification*, teknologi membantu memperkuat proses pembelajaran, misalnya melalui materi interaktif, umpan balik otomatis, atau analitik untuk memantau aktivitas siswa. Teknologi pada tahap ini meningkatkan motivasi dan partisipasi, tetapi belum mengubah struktur pembelajaran secara mendasar. Sementara itu, studi yang mencapai tahap *Transformation* masih sangat terbatas. Pada tahap ini, teknologi memungkinkan bentuk pembelajaran baru seperti simulasi, kolaborasi digital antar

sekolah, pembelajaran berbasis masalah, atau penggunaan AI untuk personalisasi materi. Keberhasilan pada tahap ini umumnya dipengaruhi oleh kesiapan guru, dukungan pimpinan, kurikulum yang fleksibel, dan ketersediaan infrastruktur.

Secara keseluruhan, tantangan yang sering muncul adalah kurangnya kompetensi pedagogis guru dalam memadukan teknologi, masih dominannya desain pembelajaran berbasis konten, resistensi terhadap perubahan, serta keterbatasan internet, perangkat, dan literasi digital siswa.

Selain itu, hasil analisis menunjukkan adanya ketidakmerataan adopsi berdasarkan jenjang pendidikan. Pendidikan tinggi memiliki kecenderungan lebih cepat mencapai level *Transformation* karena ketersediaan infrastruktur dan kebijakan institusional yang lebih fleksibel. Sebaliknya, pendidikan dasar dan menengah lebih sering terjebak pada level *Replacement*, terutama pada konteks daerah dengan keterbatasan teknologi.

Studi literatur juga menyoroti perspektif baru melalui model turunan seperti PICRAT, yang menambah dimensi partisipasi siswa. Model ini menunjukkan bahwa interaksi belajar yang bersifat *participating transforming* memberikan dampak signifikan terhadap keterampilan abad ke-21, seperti berpikir kritis dan kolaborasi digital. Dengan demikian, RAT pada level tertinggi tidak hanya mengubah bentuk media, tetapi juga struktur kognitif dan sosial pembelajaran.

Berdasarkan sintesis temuan, dapat disimpulkan bahwa tren penggunaan Model RAT pada periode 2022-2025 menunjukkan peningkatan kesadaran institusi pendidikan terhadap pentingnya integrasi teknologi yang bermakna. Namun, implementasi pada level *Transformation* masih menghadapi hambatan struktural, pedagogis, dan kultural. Oleh karena itu, berbagai studi

mengadvokasi perlunya pelatihan pedagogi digital, desain tugas berbasis kompetensi, dukungan kebijakan teknologi jangka panjang, serta evaluasi berkesinambungan berbasis data pembelajaran.

Secara keseluruhan, literatur akademik sepakat bahwa Model RAT memiliki potensi kuat dalam mendorong transformasi pembelajaran apabila digunakan sebagai kerangka reflektif dalam mendesain aktivitas belajar, bukan semata sebagai klasifikasi penggunaan teknologi. Potensi transformasional baru terwujud ketika teknologi digunakan untuk menciptakan pengalaman belajar yang tidak dapat dilakukan tanpa bantuan digital, serta didukung oleh ekosistem institusional yang adaptif.

Tabel 1. Sintesis Studi Literatur

| No | Judul | Tajuan Penelitian | Metode | Temuan Utama | Keterkaitan RAT | Kelurahan | Implikasi |
|----|--|--|--|--|---|--|---|
| 1 | Chau277 Menantang Pembelajaran Computasional Pendidikan Teknik: Studi Kasus dalam Matematika, (Makasi et al., 2025) | Menguliskan perspektif tentang tantangan pembelajaran matematika, peran kontribusi sebagai kaming pada (matematika). | Kuantitatif deskriptif. | Pemahaman Chappert berada pada tingkat moderat, membuat juga kelus dan kemampuan untuk berkipir ketika membuat rencana terhadap kebutuhan belajar. | Applikasi platform Replacement (mengadopsi pembelajaran, dan efisiensi, belum mengadopsi paradigma transformasi). | Tidak efektif pada matematika karena monok, klembe dan kolaborasi model, penerapan belajar bergantung pada literasi digital, belum mengubah epistemologi pembelajaran. | Perlu desain yang benar, polihitas literasi digital, vidulas jawaban ARI pembelajaran matematika berbasis etika AI, dan pengembahan self-directed learning. |
| 2 | How do we respond to generative AI in educational practice? Integrating practical experience for an ongoing process (Mills et al., 2025) | Menyebutkan bahwa OEF membantu OEF, AI generasi seperti ChatGPT. | deskriptif kualitatif. | OEF membantu pendidik membuat "keputusan" AI dengan lebih baik, kolaborasi literasi digital, ketertarikan mahasiswa dalam pembelajaran terbuka. | Tidak secara eksplisit menggunakan RAT, dan transformasi. | Tidak ada data empiris karena, bentuk reflektif. | Mendorong kolaborasi literasi litera-lung dan etika, objek terhadapa perbahasan AI. |
| 3 | Peningkatan Efektiva Pendidikan melalui Kebermanan Teknik Peningkatan Program Guru-guru (Rizkiy Bakara et al., 2024) | Meningkatkan efektivitas pembelajaran di AI dan platform guru. | Mixed-method penelitian observasi, tiga hari = (data dampak). | Perubahan paradigma penunahan dan keterampilan guru, meningkatkan AI, kesediaan literasi digital, dan ketahanan AI. | Tidak menggunakan RAT, namun meningkatkan AI, karena AI merupakan bagian dari efisiensi RPIB. | Keterbatasan durasi penelitian, pengujian RPIB, guru masih adapil. | Perlu penelitian lebih lanjut, kolaborasi etika berkeadilan AI di pendidikan. |
| 4 | Lecturers' Perceptions of Blended Teaching in the Era of A Case Study of a Study (Nkh et al., 2023) | Menyebutkan bahwa blended learning (blended learning) pasca COVID-19. | Kuantitatif dengan observasi wawancara dan tiga pengujian. | Semua guru memiliki keyakinan – positif terhadap blended learning, lebih terampil dalam mengadopsi teknologi, dan literasi digital. | Menggunakan RAT secara langsung untuk integrasi RPIB, integrasi ICT. | Simplek kecil (3 guru) sebagai generalisasi terbatas. | Perlu pengembahan teknologi, integrasi teknologi dapat menjadi pengubah transformasi. |
| | Catalyzing Transformation: A Process Framework for Transformative Systemic Change (Waddock, 2024) | Menggunakan proses perubahan transformatif (catalyst) untuk meningkatkan sistemik sosial-ecologic. | Kajian transformatif dan literasi literasi WEAL (World Economic Alliance). | Perubahan sistemik digital melalui proses co-creating, coloring, dan mengadopsi transformasi. | Terkait konsep transformasi dalam sistem ekologi makro. | Tidak ada data pengujian, hanya studi konseptual. | Dapat menjadi panduan bagi peneliti lebih lanjut dengan prinsip sosial dan mengolga perubahan transformasi. |
| | Differentiated Models of Learning for Educators (Gardner et al., 2023) | Menggunakan blended learning (blended learning) pasca COVID-19. | Kajian transformatif dan literasi literasi WEAL (World Economic Alliance). | Perubahan sistemik digital melalui proses co-creating, coloring, dan mengadopsi transformasi. | Terkait konsep transformasi dalam sistem ekologi makro. | Tidak ada data pengujian, hanya studi konseptual. | Dapat menjadi panduan bagi peneliti lebih lanjut dengan prinsip sosial dan mengolga perubahan transformasi. |
| 5 | Developing the Digital Task Analysis (DTA) Framework to Enable Teachers to Design and Implement Digital Learning Activities (Gardner et al., 2023) | Menggunakan blended learning (blended learning) pasca COVID-19. | Kajian transformatif dan literasi literasi WEAL (World Economic Alliance). | Perubahan sistemik digital melalui proses co-creating, coloring, dan mengadopsi transformasi. | Terkait konsep transformasi dalam sistem ekologi makro. | Tidak ada data pengujian, hanya studi konseptual. | Dapat menjadi panduan bagi peneliti lebih lanjut dengan prinsip sosial dan mengolga perubahan transformasi. |
| 6 | Combining Virtual and Hands-on Work in a Blended Learning Environment: A Study of the Effectiveness of Blended Learning (Hofmann et al., 2023) | Menggunakan blended learning (blended learning) pasca COVID-19. | Kajian transformatif dan literasi literasi WEAL (World Economic Alliance). | Perubahan sistemik digital melalui proses co-creating, coloring, dan mengadopsi transformasi. | Terkait konsep transformasi dalam sistem ekologi makro. | Tidak ada data pengujian, hanya studi konseptual. | Dapat menjadi panduan bagi peneliti lebih lanjut dengan prinsip sosial dan mengolga perubahan transformasi. |
| 7 | Combining Virtual and Hands-on Work in a Blended Learning Environment: A Study of the Effectiveness of Blended Learning (Hofmann et al., 2023) | Menggunakan blended learning (blended learning) pasca COVID-19. | Kajian transformatif dan literasi literasi WEAL (World Economic Alliance). | Perubahan sistemik digital melalui proses co-creating, coloring, dan mengadopsi transformasi. | Terkait konsep transformasi dalam sistem ekologi makro. | Tidak ada data pengujian, hanya studi konseptual. | Dapat menjadi panduan bagi peneliti lebih lanjut dengan prinsip sosial dan mengolga perubahan transformasi. |
| 8 | Combining Virtual and Hands-on Work in a Blended Learning Environment: A Study of the Effectiveness of Blended Learning (Hofmann et al., 2023) | Menggunakan blended learning (blended learning) pasca COVID-19. | Kajian transformatif dan literasi literasi WEAL (World Economic Alliance). | Perubahan sistemik digital melalui proses co-creating, coloring, dan mengadopsi transformasi. | Terkait konsep transformasi dalam sistem ekologi makro. | Tidak ada data pengujian, hanya studi konseptual. | Dapat menjadi panduan bagi peneliti lebih lanjut dengan prinsip sosial dan mengolga perubahan transformasi. |
| 9 | Combining Virtual and Hands-on Work in a Blended Learning Environment: A Study of the Effectiveness of Blended Learning (Hofmann et al., 2023) | Menggunakan blended learning (blended learning) pasca COVID-19. | Kajian transformatif dan literasi literasi WEAL (World Economic Alliance). | Perubahan sistemik digital melalui proses co-creating, coloring, dan mengadopsi transformasi. | Terkait konsep transformasi dalam sistem ekologi makro. | Tidak ada data pengujian, hanya studi konseptual. | Dapat menjadi panduan bagi peneliti lebih lanjut dengan prinsip sosial dan mengolga perubahan transformasi. |
| 10 | Combining Virtual and Hands-on Work in a Blended Learning Environment: A Study of the Effectiveness of Blended Learning (Hofmann et al., 2023) | Menggunakan blended learning (blended learning) pasca COVID-19. | Kajian transformatif dan literasi literasi WEAL (World Economic Alliance). | Perubahan sistemik digital melalui proses co-creating, coloring, dan mengadopsi transformasi. | Terkait konsep transformasi dalam sistem ekologi makro. | Tidak ada data pengujian, hanya studi konseptual. | Dapat menjadi panduan bagi peneliti lebih lanjut dengan prinsip sosial dan mengolga perubahan transformasi. |

| No | Judul | Tajuan Penelitian | Metode | Temuan Utama | Keterkaitan RAY | Ketahanan | Implikasi |
|----|---|--|--|---|---|----------------------|--|
| 12 | Theoretically Focused Pedagogical Learning to Teach Technology Integration (Rahmaty et al., 2021) | Mengidentifikasi dan mengembangkan strategi pedagogis untuk meningkatkan literasi digital pendidik | Survei nasional dengan analisis kualitatif | Dinamikan aspek kognitif, emosional, dan psikologis dalam literasi digital | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |
| 13 | Three Domains for Teacher Learning in Science Teacher Education (Azzahra et al., 2022) | Mengidentifikasi domain-domain pembelajaran untuk meningkatkan literasi digital pendidik | Kajian pustaka | Tiga domain utama: literasi digital, literasi pedagogis, dan literasi profesional | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |
| 14 | Pengembangan Karir dan Profesionalisme Guru (Kusnanto et al., 2023) | Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan karir dan profesionalisme guru | Studi pustaka | Integrasi RAY dalam pengembangan karir dan profesionalisme guru | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |
| 15 | The RAY Technology Adoption Model (Rea, 2022) | Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi teknologi RAY | Studi pustaka | Integrasi RAY dalam pengembangan karir dan profesionalisme guru | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |
| 16 | Revolutionizing Pedagogy: Navigating the Technology Integration for Teacher Learning and Performance (Azzahra et al., 2024) | Mengidentifikasi strategi pedagogis untuk meningkatkan literasi digital pendidik | Studi pustaka | Integrasi RAY dalam pengembangan karir dan profesionalisme guru | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |
| 17 | Actualization of Teaching Competencies through the Use of Teaching Management System (TPACK) Regarding Specialized Video-Based Learning (Widada et al., 2022) | Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi aktualisasi kompetensi pedagogis guru | Studi pustaka | Integrasi RAY dalam pengembangan karir dan profesionalisme guru | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |
| 18 | Technology Integration in Teaching: A Focus on Achieving Active Learning Strategies (Jusma, 2023) | Mengidentifikasi strategi pedagogis untuk meningkatkan literasi digital pendidik | Studi pustaka | Integrasi RAY dalam pengembangan karir dan profesionalisme guru | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |
| 19 | Online Learning Development in Mathematics Education in Response to the COVID-19 Pandemic (Sugan et al., 2022) | Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pengembangan pembelajaran daring | Studi pustaka | Integrasi RAY dalam pengembangan karir dan profesionalisme guru | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |
| 20 | COVID-19 Pandemic: A Review of the Impact of the Pandemic on the Education System (Sugan et al., 2022) | Mengidentifikasi dampak pandemi COVID-19 terhadap sistem pendidikan | Studi pustaka | Integrasi RAY dalam pengembangan karir dan profesionalisme guru | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |
| 21 | The Survey of Digital Literacy Skills of Teachers (Bui & Nguyen, 2023) | Mengidentifikasi tingkat literasi digital guru | Survei nasional | Dinamikan aspek kognitif, emosional, dan psikologis dalam literasi digital | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |
| 22 | Adoption of the PCKAT Model for the Integration of Innovative Technology in the Teaching Learning Course (Chen et al., 2023) | Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi model PCKAT | Studi pustaka | Integrasi RAY dalam pengembangan karir dan profesionalisme guru | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |
| 23 | Teachers' Utilization of Digital Tools and Content in Technology (Tantoso & Tantiado, 2024) | Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pemanfaatan alat digital guru | Studi pustaka | Integrasi RAY dalam pengembangan karir dan profesionalisme guru | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |
| 24 | Evaluating Blended Learning Models for the Use of RAY (Chen et al., 2023) | Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi evaluasi model pembelajaran blended | Studi pustaka | Integrasi RAY dalam pengembangan karir dan profesionalisme guru | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |
| 25 | Chemistry Skills Learning Model for the Use of RAY (Chen et al., 2023) | Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi pembelajaran kimia dengan RAY | Studi pustaka | Integrasi RAY dalam pengembangan karir dan profesionalisme guru | Keterkaitan RAY: Amplifikasi karena teknologi digunakan untuk meningkatkan efektivitas pengajaran | Ketahanan: Tidak ada | Memberikan perannya bagi pendidik untuk meningkatkan literasi digital mereka |

Berdasarkan 25 artikel yang dianalisis, terlihat bahwa integrasi teknologi digital dalam pembelajaran menunjukkan variasi penerapan yang dipetakan melalui Model RAT (*Replacement, Amplification, Transformation*). Secara umum, sebagian besar studi mengindikasikan bahwa teknologi lebih sering digunakan pada level *Amplification*, yaitu memperkuat praktik pembelajaran yang sudah ada.

meningkatkan efisiensi penyampaian materi, memperluas akses sumber belajar, serta mendukung aktivitas pelatihan guru (Mayantao & Tantiado, 2024; Mukmi et al., 2025; Risang Baskara et al., 2024). Pada konteks ini, teknologi diposisikan sebagai sarana untuk meningkatkan kualitas interaksi, kejelasan materi, serta fleksibilitas pembelajaran dalam lingkungan daring dan campuran.

Pada level *Replacement*, beberapa penelitian mencatat bahwa teknologi sangat membantu ketika pembelajaran harus beralih secara mendadak, terutama dalam situasi pandemi. Misalnya, *telehealth* digunakan sebagai pengganti praktik klinik tatap muka (Anderson et al., 2022), tugas matematika berbasis AI menggantikan konsultasi manual (Mukmi et al., 2025), dan LMS menggantikan pertemuan fisik dalam kurikulum daring (Stojan et al., 2022). Studi-studi tersebut memperlihatkan bahwa penggunaan teknologi pada level ini berfokus pada substitusi media tanpa perubahan substansial terhadap desain tugas atau pola pikir pedagogis guru. Dampaknya adalah efisiensi meningkat, tetapi kualitas pembelajaran kritis, kolaboratif, dan kontekstual belum berkembang optimal (Lestarina et al., 2022).

Sementara itu, artikel-artikel yang menunjukkan capaian *Transformation* masih relatif terbatas, tetapi memberikan kontribusi penting terhadap arah pengembangan pedagogi digital. Studi yang memanfaatkan Virtual Reality untuk penulisan kreatif, misalnya, menunjukkan perubahan peran guru dan siswa serta mendorong aktivitas pembelajaran yang sebelumnya tidak mungkin dilakukan secara tradisional (Chen et al., 2023). Demikian pula, penggunaan PICRAT terbukti menggeser siswa dari pasif menjadi kreatif dan kolaboratif (Wang, 2023). Dalam konteks pembelajaran nilai, pendekatan TPACK terbukti mampu membentuk karakter moderat melalui integrasi materi digital (Moderat et al., 2025), menandai bahwa transformasi

tidak hanya terjadi pada aspek teknis, tetapi juga pedagogi moral dan sosial.

Penelitian lain menyoroti keterbatasan literasi digital guru, etika penggunaan AI, bias data, serta menurunnya keaslian pengalaman praktikum dalam pembelajaran berbasis laboratorium virtual (Haberbosch et al., 2025). Tantangan tersebut memperlihatkan bahwa transformasi digital memerlukan pendekatan bertahap dan sistematis.

(Panakaje et al., 2024) menemukan bahwa pelatihan, akses perangkat, dan kebijakan digital meningkatkan kinerja guru dan keterlibatan siswa. Studi *blended learning* pasca-pandemi juga menegaskan bahwa keberlanjutan platform digital memerlukan kebijakan universitas yang lebih permanen (Nkhi et al., 2023).

Secara keseluruhan, literatur pada tabel menunjukkan bahwa:

- *Replacement* banyak digunakan pada transisi pendidikan digital yang mendadak.
- *Amplification* mendominasi dalam pelatihan guru, LMS, dan AI generatif.
- *Transformation* hanya terjadi ketika desain tugas, paradigma pengajaran, dan nilai karakter berubah secara fundamental.

Dengan demikian, Model RAT terbukti menjadi kerangka yang efektif untuk memetakan tingkat pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran digital. Namun, keberhasilan mencapai level transformasional sangat bergantung pada keyakinan pedagogis guru, dukungan institusi, kompetensi literasi digital, serta integrasi desain belajar yang berorientasi pada kreativitas dan kolaborasi.

Pola Penggunaan Teknologi:

Replacement* → *Amplification* → *Transformation

Berdasarkan literatur yang dianalisis dalam tabel, pola penggunaan teknologi dalam pembelajaran digital menunjukkan

perkembangan bertahap yang sejalan dengan kerangka Model RAT. Pada tahap *Replacement*, teknologi digunakan terutama untuk menggantikan aktivitas pembelajaran tradisional tanpa mengubah struktur tugas atau pendekatan pedagogis. Contohnya, platform pembelajaran berbasis AI digunakan sebagai pengganti konsultasi manual dalam pembelajaran matematika (Mukmi et al., 2025), sementara telehealth menggantikan pembelajaran klinik tatap muka selama pandemi (Anderson et al., 2022), dan *Learning Management System* (LMS) menggantikan ruang kelas fisik dalam pengelolaan materi dan penilaian (Stojan et al., 2022). Pada tahap ini, teknologi lebih berfungsi sebagai media substitusi untuk memastikan kelangsungan proses belajar dalam situasi transisi atau kedaruratan.

Selanjutnya, pada tahap *Amplification*, teknologi mulai dimanfaatkan untuk memperkuat kualitas pembelajaran yang ada, meningkatkan efisiensi, memperluas akses sumber belajar, serta mendukung peningkatan kapasitas pedagogis guru. Hal tersebut tampak pada program pelatihan guru berbasis kecerdasan buatan yang meningkatkan literasi digital dan integrasi *Project-Based Learning* (Risang Baskara et al., 2024), penerapan Digital Task Analysis untuk membantu guru mengevaluasi nilai tambah sumber belajar digital (Lindenbauer et al., 2023), serta dukungan institusional yang mampu mereduksi *technostress* mahasiswa dalam pembelajaran daring (Saleem et al., 2024). Pada fase ini, teknologi mampu memperbaiki kualitas interaksi, mengoptimalkan proses evaluasi, dan memfasilitasi pembelajaran profesional berkelanjutan (Grady, 2022), namun belum sepenuhnya mengubah desain pedagogis secara mendalam.

Sementara itu, studi yang mencapai tahap *Transformation* menunjukkan bahwa teknologi dapat menciptakan pengalaman belajar baru yang tidak

possibly dilakukan melalui pembelajaran konvensional. Contohnya, pembelajaran menulis berbasis *Virtual Reality* mampu menggeser peran siswa dari konsumen menjadi produsen konten pembelajaran (Chen et al., 2023). Transformasi terjadi ketika teknologi memfasilitasi rekonstruksi tugas, perubahan paradigma mengajar, serta perluasan kapabilitas pedagogis melampaui batasan ruang dan waktu.

Secara keseluruhan, pola penggunaan teknologi dalam tabel menunjukkan bahwa mayoritas penelitian masih berada pada tahap *Amplification*, diikuti *Replacement* pada masa transisi digital, sementara studi yang mencapai Transformasi masih terbatas dan membutuhkan dukungan institusional, literasi digital, serta desain pembelajaran yang inovatif. Hal ini menegaskan bahwa teknologi tidak secara otomatis membawa perubahan transformatif; perubahan tersebut baru muncul ketika guru merekayasa ulang aktivitas belajar, menggeser keyakinan pedagogis, dan mengembangkan keterampilan digital tingkat lanjut. Dengan demikian, Model RAT memberikan kerangka evaluatif yang efektif untuk memetakan posisi institusi dan praktik pembelajaran dalam proses transformasi digital yang berkelanjutan.

Hambatan dan Kendala

Literatur dalam tabel menunjukkan bahwa terdapat sejumlah hambatan yang mencegah pemanfaatan teknologi mencapai tahap Transformation sebagaimana digambarkan dalam Model RAT. Salah satu kendala yang paling dominan adalah rendahnya literasi digital guru dan peserta didik, sehingga teknologi hanya digunakan sebatas substitusi atau peningkatan efisiensi tanpa perubahan desain pedagogi yang signifikan. Kondisi ini tampak pada beberapa studi yang menemukan bahwa pemahaman pendidik terhadap integrasi teknologi masih bersifat dangkal dan

berorientasi prosedural (Lestarina et al., 2022; Risang Baskara et al., 2024). Hambatan ini diperparah oleh ketergantungan pada metode tradisional, di mana guru yang berorientasi keterampilan dasar cenderung berhenti pada level *Replacement* (Chen et al., 2023).

Hambatan berikutnya adalah penurunan keaslian pengalaman belajar, terutama pada konteks laboratorium dan simulasi praktikum, di mana pembelajaran berbasis virtual menurunkan sense of authenticity dan keterlibatan emosional (Haberbosch et al., 2025). Dalam konteks keamanan data, literatur juga menyoroti adanya risiko bias AI dan ketidakakuratan informasi, misalnya pada penggunaan ChatGPT dalam pembelajaran matematika yang berdampak negatif pada pengembangan kemampuan berpikir kritis (Mukmi et al., 2025).

Dari perspektif institusional, keterbatasan infrastruktur dan kebijakan yang tidak stabil turut menjadi penghambat adopsi teknologi secara konsisten. Beberapa studi menunjukkan bahwa tanpa dukungan kebijakan lembaga yang kuat, transformasi hanya menjadi inisiatif individual dan sulit melembaga (Nkhi et al., 2023). Hambatan lain yang sering muncul adalah bias demografis dan keterbatasan cakupan sampel, sehingga praktik transformasional belum teruji pada skala yang lebih luas (Anderson et al., 2022; Lestarina et al., 2022).

Tantangan konseptual juga muncul dalam bentuk redesign tugas digital yang belum optimal. Banyak studi mencatat bahwa guru belum mampu merancang aktivitas pembelajaran baru yang memanfaatkan nilai tambah teknologi, sehingga teknologi cenderung hanya menggantikan atau mempercepat proses yang sudah ada (McCulloch et al., 2021; Stojan et al., 2022). Kurangnya integrasi etika digital dalam pembelajaran AI juga membuat peserta didik rentan melakukan

plagiarisme, misinformasi, dan pelanggaran privasi mukmi (Maheshwari et al., 2021; Mukmi et al., 2025).

Selain itu, hambatan budaya dan sikap juga menghambat transformasi. Resistensi terhadap perubahan, sebagaimana dicatat dalam studi blended teaching pasca pandemi, menghasilkan adaptasi teknologi yang setengah hati dan tidak berkembang menjadi transformasional (Nkhi et al., 2023). Ketergantungan guru pada pola pembelajaran tradisional menyebabkan proses digitalisasi berhenti pada level *Amplification*, tanpa migrasi ke perancangan tugas yang kreatif dan kolaboratif (Joshua, 2025). Hambatan lain yang muncul adalah rendahnya dukungan tutorial dan mentoring, yang membuat guru kesulitan mengembangkan praktik digital berorientasi transformasi (Grady, 2022).

Implikasi untuk Desain Pembelajaran dan Pengembangan Profesional

Literatur dalam tabel menunjukkan bahwa terdapat implikasi penting bagi desain pembelajaran ketika teknologi digital diintegrasikan secara sistematis. Pertama, hasil penelitian menegaskan perlunya rekayasa ulang aktivitas belajar agar teknologi tidak hanya berfungsi sebagai media substitusi, tetapi mampu menciptakan pengalaman belajar baru. *Digital Task Analysis*, misalnya, membantu guru mengidentifikasi nilai tambah teknologi dalam desain tugas matematika sehingga pembelajaran lebih bermakna dan kontekstual (Lindenbauer et al., 2023). Demikian pula, pembelajaran menulis berbasis *Virtual Reality* mendorong siswa memproduksi konten, sehingga mengubah posisi teknologi dari sekadar alat bantu menjadi fasilitator kreativitas dan kolaborasi (Chen et al., 2023). Temuan ini menuntut pendidik untuk berpindah dari desain instruksional statis menjadi *task-based* digital redesign yang meningkatkan

keterlibatan, kreativitas, dan pengalaman autentik.

Kedua, integrasi teknologi menuntut pendekatan pedagogis berbasis karakter dan nilai, terutama pada disiplin yang bersifat afektif seperti Pendidikan Agama Islam, di mana pendekatan TPACK berperan dalam pembentukan karakter moderat melalui literasi digital yang relevan dengan budaya sosial (Moderat et al., 2025). Selain itu, penggunaan PICRAT untuk pengajaran linguistik memungkinkan desain tugas yang menggeser peserta didik dari pasif menjadi kreator, menunjukkan urgensi desain pembelajaran yang memfasilitasi kreativitas digital (Wang, 2023). Ketiga, literatur menegaskan pentingnya desain pembelajaran yang mempertimbangkan keseimbangan antara efektivitas kognitif dan keaslian pengalaman, khususnya pada konteks laboratorium sains. Studi menunjukkan bahwa pendekatan blended learning dapat meningkatkan pemahaman keselamatan laboratorium, tetapi menurunkan persepsi keaslian proses praktikum (Haberbosch et al., 2025). Implikasi ini mendorong penggunaan teknologi secara selektif dan terintegrasi, bukan sepenuhnya menggantikan praktik fisik.

Temuan juga menunjukkan bahwa dukungan institusional merupakan prasyarat pengembangan profesional yang efektif. Studi mengonfirmasi bahwa dukungan kebijakan, infrastruktur, dan sistem pelatihan memiliki efek mediasi terhadap peningkatan keterlibatan dan kinerja guru (Panakaje et al., 2024). Aspek lainnya adalah pentingnya pengembangan literasi etika AI dalam program pelatihan pendidik. Penggunaan ChatGPT dalam matematika, misalnya, membantu akses informasi tetapi berisiko menurunkan kemampuan berpikir kritis jika tidak dilengkapi dengan strategi validasi sumber (Mukmi et al., 2025). Implikasi ini menegaskan bahwa pengembangan profesional perlu

memasukkan modul tentang AI literacy, data privacy, dan etika akademik.

Selain aspek kompetensi personal, literatur dalam tabel menunjukkan bahwa desain pembelajaran inovatif juga membutuhkan pergeseran keyakinan pedagogis (*teacher belief system*). Guru yang berpandangan identitas-sentris cenderung mencapai transformasi, sedangkan pandangan *skill-based* cenderung berhenti pada *Replacement* (Chen et al., 2023). Ini berarti bahwa pengembangan profesional harus memasukkan pelatihan tentang mindset pedagogis bukan hanya perangkat digital.

Secara keseluruhan, literatur menunjukkan bahwa implikasi bagi desain pembelajaran dan pengembangan profesional meliputi: rekonstruksi tugas digital, integrasi nilai karakter, pengembangan etika AI, pelatihan multi-siklus, mentoring berkelanjutan, dukungan kelembagaan, fleksibilitas kurikulum, serta penguatan mindset pedagogis progresif. Kombinasi faktor tersebut menjadi fondasi bagi pergeseran pembelajaran dari Amplification menuju Transformation dalam ekosistem pendidikan digital.

4. KESIMPULAN

Kajian literatur ini menunjukkan bahwa Model RAT (*Replace, Amplify, Transform*) memiliki peran signifikan dalam mendorong transformasi pembelajaran melalui teknologi digital pada berbagai jenjang pendidikan. Temuan studi menegaskan bahwa integrasi teknologi pada level *replace* masih mendominasi praktik pembelajaran digital di banyak konteks, ditandai oleh digitalisasi materi, penggunaan platform berbagi dokumen, serta pemanfaatan media presentasi dasar. Meskipun demikian, tren menunjukkan peningkatan penggunaan teknologi pada level *amplify*, terutama dalam proses asesmen digital, analitik pembelajaran, personalisasi

instruksi, dan optimalisasi efisiensi manajemen kelas.

Selain itu, hasil kajian menemukan bahwa keberhasilan penerapan RAT dipengaruhi oleh kompetensi literasi digital pendidik, dukungan infrastruktur, kebijakan institusional, dan budaya organisasi. Tantangan utama yang muncul meliputi kesenjangan akses, resistansi perubahan, keterbatasan pelatihan, serta kurangnya evaluasi berkelanjutan terhadap efektivitas pedagogis teknologi. Oleh karena itu, strategi peningkatan kapasitas guru, penguatan kebijakan digital, dan investasi teknologi berkelanjutan merupakan faktor kunci dalam mengoptimalkan penerapan RAT.

Secara akademik, penelitian ini memberikan kontribusi teoretis dalam memperkuat posisi RAT sebagai model analisis integrasi teknologi yang melengkapi kerangka lain seperti SAMR dan TPACK. Sementara secara praktis, hasil kajian dapat menjadi basis penyusunan kurikulum digital, desain program pelatihan guru, dan pengembangan kebijakan transformasi pembelajaran. Untuk penelitian selanjutnya, diperlukan studi empiris longitudinal dan komparatif guna menilai dampak penerapan RAT terhadap capaian belajar, motivasi peserta didik, dan efektivitas pedagogis dalam konteks yang lebih luas.

Dengan demikian, Model RAT tidak hanya memfasilitasi integrasi teknologi secara bertahap, tetapi juga menjadi instrumen strategis untuk mendorong inovasi pembelajaran dan mempersiapkan ekosistem pendidikan yang adaptif, inklusif, dan berorientasi masa depan pada era digital.

5. DAFTAR PUSTAKA

Jurnal:

- Anderson, H. L., Kurtz, J., West, D. C., & Balmer, D. F. (2022). Replace, amplify, transform: a qualitative study of how postgraduate trainees and supervisors experience and use telehealth for instruction in ambulatory patient care. *BMC Medical Education*, 22(1). <https://doi.org/10.1186/s12909-022-03175-3>
- Asim, S., Slykhuis, D., Ellis, J., & Trumble, J. (2022). *Three domains for technology integration in science teacher education. Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* (Vol. 22, Issue 2).
- Borup, J., Graham, C. R., Short, C. R., & Kang Shin, J. (2022). *Evaluating Blended Teaching with the 4Es and PICRAT*.
- Bui, T. T., & Nguyen, T. S. (2023). The Survey of Digital Transformation in Education: A Systematic Review. *International Journal of TESOL & Education*, 3(4), 32–51. <https://doi.org/10.54855/ijte.23343>
- Chen, M., Chai, C. sing, & Jong, M. S. Y. (2023). Actualization of teaching conceptions in lesson design: how teaching conceptions shape TPACK regarding spherical video-based virtual reality-supported writing instruction. *Educational Technology Research and Development*, 71(6), 2321–2344. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10295-0>
- Grady, S. (2022). Differentiated Models of Professional Learning for Educators Marijke Leibel North Dakota Teacher Support System Erin Jacobson North Dakota Teacher Support System Alyson Mike Iridium Learning. In *Journal of Higher Education Theory and Practice* (Vol. 21, Issue 9).
- Haberbosch, M., Deiters, M., & Schaal, S. (2025). Combining Virtual and Hands-on Lab Work in a Blended Learning Approach on Molecular Biology Methods and Lab Safety for Lower Secondary Education Students. *Education Sciences*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/educsci15020123>
- Heffner, K., & Royo, M. (2024). Chemistry Learning Skills Of Science, Technology, Engineering, And Mathematics Students: Influential Role Of Teachers' Blended Educational Strategy Usage. *Ignatian International Journal for Multidisciplinary Research*, 2. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10837070>
- Joshua, E. (2025). *Corresponding author: Chukwuemeka, Emeka Joshua Technology Integration in Teaching: A Panacea in Achieving Active Learning Strategies*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.16927137>
- Lestarina, A. P., Nurkamto, J. N., & Ngadiso, N. N. (2022). EFL Teachers' Beliefs and ICT Integration Practices During Distance Learning: Employing Replacement, Amplification, and Transformation Framework. *Register Journal*, 15(1), 91–108. <https://doi.org/10.18326/rgt.v15i1.91-108>
- Lindenbauer, E., Infanger, E. M., & Lavicza, Z. (2023). Developing the Digital Task

- Analysis (DTA) framework to enable the assessment and redesign of digital resources in mathematics education. *Journal on Mathematics Education*, 14(3), 483–502.
<https://doi.org/10.22342/jme.v14i3.pp483-502>
- Maheshwari, S., Jain, P., Ligon, B. L., & Thammasitboon, S. (2021). Twelve Tips for Creating and Supporting a Meaningful Asynchronous Learning as Parts of Virtual Transition of a Curriculum. *MedEdPublish*, 10(1).
<https://doi.org/10.15694/mep.2021.000111.1>
- Mayantao, R., & Tantiado, R. C. (2024). *INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY RESEARCH AND ANALYSIS Teachers' Utilization of Digital Tools and Confidence in Technology*.
<https://doi.org/10.47191/ijmra/v7-i05-16>
- McCulloch, A., Leatham, K., Bailey, N., Cayton, C., Fye, K., & Lovett, J. (2021). *Theoretically framing the pedagogy of learning to teach mathematics with technology. Contemporary Issues in Technology and Teacher Education* (Vol. 21, Issue 2).
- Mills, A., Bali, M., & Eaton, L. (2023). How do we respond to generative AI in education? Open educational practices give us a framework for an ongoing process. *Journal of Applied Learning and Teaching*, 6(1), 16–30.
<https://doi.org/10.37074/jalt.2023.6.1.34>
- Moderat, K., Armedi, R., & Retriansyah Dilapanga, R. (2025). *Pengembangan Karakter Moderat Dalam Pembelajaran Pendidikan Agama Islam (PAI) Melalui Pendekatan TPACK*. 11(1), 33–43.
<https://doi.org/10.35569/biormatika.v11i1.2258>
- Mukmi, M. A., Andhika, M., Suaib, M., Faruq, A. M., & Agusnaya, N. (2025). Fundamental and Applied Management Journal ChatGPT Menantang Metodologi Pembelajaran Campuran dalam Pendidikan Teknik: Studi Kasus dalam Matematika. In *Technology, Engineering, Arts and Humanities* (Vol. 1, Issue 1).
- Nkhi, S. E., Mofana, M., & Moqasa, N. (2023). Lecturers' perceptions of blended teaching in the Post COVID-19 Era: A case study of a University in Lesotho. *Interdisciplinary Journal of Education Research*, 5, 1–13.
<https://doi.org/10.38140/ijer-2023.vol5.01>
- Panakaje, N., Ur Rahiman, H., Parvin, S. M. R., Shareena, P., Madhura, K., Yatheen, M., & Irfana, S. (2024). Revolutionizing pedagogy: navigating the integration of technology in higher education for teacher learning and performance enhancement. *Cogent Education*, 11(1).
<https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2308430>
- Read, M. (2022). RAT The RAT Technology Integration Model. *EdTechnica*.
<https://doi.org/10.59668/371.7485>
- Risang Baskara, F. X., Winarti, E., & Prasetya, A. E. (2024). *Peningkatan Efektivitas Project-Based Learning Melalui Integrasi Kecerdasan Buatan: Program Pelatihan untuk Guru-guru SMP/SMA* (Vol. 5, Issue 3).
<https://madaniya.biz.id/journals/contents/article/view/863>
- Saleem, F., Chikhaoui, E., & Malik, M. I. (2024). Technostress in students and quality of online learning: role of instructor and university support. *Frontiers in Education*, 9.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1309642>
- Stojan, J., Haas, M., Thammasitboon, S., Lander, L., Evans, S., Pawlik, C., Pawilkowska, T., Lew, M., Khamees, D., Peterson, W., Hider, A., Grafton-Clarke, C., Uraiby, H., Gordon, M., & Daniel, M. (2022). Online learning developments in undergraduate medical education in response to the COVID-19 pandemic: A BEME systematic review: BEME Guide No. 69. *Medical Teacher*, 44(2), 109–129.
<https://doi.org/10.1080/0142159X.2021.1992373>
- Waddock, S. (2024). *Catalyzing Transformation: A Process Framework for Transformative System Change* (Vol. 5, Issue 3).
- Wang, L. (2023). Adoption of the PICRAT Model to Guide the Integration of Innovative Technologies in the Teaching of a Linguistics Course. *Sustainability (Switzerland)*, 15(5).
<https://doi.org/10.3390/su15053886>
- West, R. E., & Allman, B. (2022). *Designing Technology-Enhanced Learning Experiences How Can Instructional Technologies Influence Learning?*