

Fasilitasi *deep learning* melalui LKPD PBL-STEM terintegrasi Tri-N dan teknologi AR pada pembelajaran IPA SMP

Ani Widyawati^{1,*}, Laily Rochmawati Listiyani², Syamsul Ma'arif³, Murniningsih⁴

^{1,2,4}Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Indonesia

³Fakultas Teknik, Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa, Indonesia

Article Info

Article history:

Received October 31, 2025

Accepted November 11, 2025

Published December 3, 2025

Keywords:

Deep learning,
STEM,
LKPD,
Problem-Based Learning,
Niteni Nirokke Nambahi,
Augmented Reality

ABSTRAK

Artikel ini meninjau potensi sinergis dalam memfasilitasi *deep learning* pada pembelajaran IPA jenjang SMP melalui pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) berbasis PBL-STEM. Media *deep learning* yang dikembangkan juga diintegrasikan juga dengan ajaran Tamansiswa (*Niteni, Nirokke, Nambahi*) dan teknologi *Augmented Reality* (AR) untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih bermakna. Penelitian ini bertujuan merancang pembelajaran yang imersif, interaktif, dan bermakna guna meningkatkan pemahaman konseptual serta keterampilan abad ke-21. Metode yang digunakan berupa telaah sistematis terhadap literatur relevan tahun 2017–2025 untuk mengidentifikasi potensi, tantangan, dan arah pengembangan model pembelajaran terintegrasi. Hasil menunjukkan bahwa LKPD berbasis STEM-PBL meningkatkan berpikir kritis dan pemecahan masalah, AR memperkuat visualisasi dan keterlibatan, sedangkan ajaran Tamansiswa memberi landasan etik dan karakter. Integrasi keempatnya berpotensi menciptakan pembelajaran holistik yang menumbuhkan kreativitas, kemandirian, dan nilai kebangsaan di era digital.



Penulis Korespondensi:

Ani Widyawati,
Pendidikan IPA, FKIP,
Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa,
Jl. Batikan, Tahunan, UH III, Umbulharjo, Yogyakarta
Email: ani.widyawati@ustjogja.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pembelajaran IPA pada tingkat SMP memiliki peran penting dalam membentuk dasar pengetahuan sains sekaligus mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif siswa. Seiring dengan perkembangan zaman, proses pembelajaran mengalami perubahan signifikan. Pendidikan abad ke-21 menuntut adanya inovasi berkelanjutan agar peserta didik memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan komunikatif, terutama dalam konteks pembelajaran Sains, Teknologi, Rekayasa, dan Matematika (STEM). Idealnya, pembelajaran STEM menciptakan pengalaman belajar yang kontekstual, interdisipliner, dan berorientasi pada pemecahan masalah dunia nyata. Dalam praktiknya, banyak implementasi STEM di sekolah yang masih bersifat konvensional, berpusat pada guru, serta belum memanfaatkan potensi teknologi digital secara optimal. Kesenjangan ini menyebabkan tujuan pembelajaran STEM yakni menumbuhkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (*higher order thinking skills*) dan kreativitas peserta didik belum tercapai secara maksimal.

Perkembangan terbaru dalam pendidikan STEM menunjukkan adanya integrasi pendekatan interdisipliner dan pembelajaran berbasis proyek untuk mendorong pemikiran komputasional dan pemecahan masalah di dunia nyata [1], [2]. Pendekatan ini menghendaki keterlibatan aktif siswa dalam proses belajar melalui pengalaman langsung dan penerapan lintas disiplin ilmu. Namun secara empiris, berbagai penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar perangkat pembelajaran seperti Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) masih bersifat tekstual dan belum sepenuhnya interaktif. Kondisi ini membuat potensi LKPD sebagai media untuk mengarahkan siswa mengeksplorasi konsep ilmiah secara mandiri maupun kolaboratif belum dimanfaatkan secara optimal.

Sejalan dengan kebutuhan pembelajaran abad-21, bahwa LKPD mulai dikembangkan dengan menggabungkan elemen digital dan multimedia untuk meningkatkan keterlibatan serta kemampuan berpikir kritis siswa [3], [4]. Inovasi ini menandai pergeseran dari LKPD tradisional menuju media pembelajaran yang lebih dinamis, kontekstual, dan mendukung penerapan pengetahuan lintas bidang STEM.

Pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* (AR) menjadi terobosan penting dalam menciptakan pengalaman belajar yang imersif dan interaktif. AR mampu menghidupkan konsep abstrak melalui visualisasi tiga dimensi yang memungkinkan peserta didik berinteraksi langsung dengan objek virtual dalam konteks dunia nyata. Berbagai penelitian melaporkan bahwa AR dapat meningkatkan motivasi belajar, pemahaman konseptual, dan kemampuan berpikir kritis siswa [5], [6]. Inovasi AR telah diwujudkan dalam berbagai bentuk, seperti buku teks berbasis AR, laboratorium virtual, serta simulasi interaktif yang memungkinkan eksplorasi dan eksperimen dalam lingkungan belajar yang aman dan menarik. Dengan demikian, teknologi AR berperan strategis dalam menjembatani kesenjangan antara konsep abstrak dan penerapannya dalam konteks kehidupan nyata [7].

Ajaran filosofis Ki Hadjar Dewantara, khususnya konsep *Niteni*, *Nirokke*, dan *Nambahi*, menghadirkan nilai-nilai pedagogis yang selaras dengan prinsip pembelajaran modern berbasis eksplorasi dan refleksi. Filosofi Tamansiswa ini menekankan pentingnya proses pembelajaran yang dimulai dari pengamatan (*niteni*), diikuti oleh peniruan atau penerapan (*nirokke*), dan berakhir pada penciptaan atau inovasi baru (*nambahi*). Nilai-nilai tersebut berakar pada kearifan lokal yang menumbuhkan karakter, tanggung jawab, serta daya cipta peserta didik. Dalam konteks pendidikan STEM, ajaran ini dapat memperkuat fondasi etis dan kultural pembelajaran sains dan teknologi yang berorientasi pada kemanusiaan dan keberlanjutan. Ajaran Ki Hadjar Dewantara, khususnya konsep *Niteni*, *Nirokke*, dan *Nambahi* (Tri-N), memberikan landasan filosofis yang kuat bagi pembelajaran sains yang berorientasi pada kemandirian, kreativitas, dan karakter. Dalam karya primer Bagian Pertama: Pendidikan, Ki Hadjar Dewantara menjelaskan bahwa pendidikan harus “menuntun segala kekuatan kodrat anak agar mereka mencapai keselamatan dan kebahagiaan yang setinggi-tingginya,” serta berlangsung melalui proses bertahap mulai dari pengamatan (*niteni*), peniruan (*nirokke*), hingga penciptaan atau pengembangan (*nambahi*) [18]. Prinsip Tri-N tersebut selaras dengan orientasi pembelajaran modern yang menekankan eksplorasi, refleksi, dan inovasi. Namun demikian, kajian mengenai integrasi nilai Tri-N dengan teknologi *Augmented Reality* dan model STEM-PBL dalam pembelajaran IPA SMP masih sangat terbatas [19], sehingga diperlukan pengembangan kerangka konseptual yang mampu menggabungkan nilai budaya, pedagogi modern, dan teknologi mutakhir.

Penelitian tentang integrasi filosofi Tamansiswa dengan teknologi mutakhir seperti AR dan pendekatan STEM-PBL masih terbatas. Sebagian studi terkini baru mengeksplorasi kelayakan serta dampak penerapan prinsip-prinsip *Niteni*, *Nirokke*, *Nambahi* dalam konteks pendidikan sains dan pembelajaran berbasis masalah [8], [9]. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian, di mana integrasi nilai-nilai pendidikan nasional dengan inovasi teknologi global belum banyak dikaji secara komprehensif.

Nilai kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi tiga komponen utama STEM-PBL, teknologi *Augmented Reality* (AR), dan ajaran Tamansiswa (Tri-N) ke dalam satu kerangka pembelajaran IPA SMP. Sejauh ini, penelitian tentang pengembangan LKPD STEM-PBL telah banyak dilakukan, namun umumnya masih berfokus pada aspek keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah [20], [21]. Sementara itu, kajian mengenai penggunaan AR dalam pembelajaran IPA lebih banyak menyoroti peningkatan visualisasi konsep dan motivasi belajar siswa tanpa menghubungkannya dengan nilai-nilai pedagogis lokal [22]. Di sisi lain, studi yang membahas penerapan ajaran Ki Hadjar Dewantara, khususnya prinsip *Niteni*, *Nirokke*, *Nambahi*, sebagian besar masih berada pada ranah teori atau kajian etnopedagogik dan belum dikombinasikan dengan teknologi maupun pendekatan pembelajaran abad ke-21 [18], [23]. Oleh karena itu, integrasi STEM-PBL, AR, dan ajaran Tamansiswa dalam penelitian ini menawarkan pendekatan yang unik, kontekstual, serta belum banyak dikaji secara komprehensif. Integrasi ini memungkinkan terciptanya model pembelajaran IPA yang tidak hanya interaktif dan berorientasi teknologi, tetapi juga berakar pada filosofi pendidikan nasional sehingga relevan untuk membangun karakter, kreativitas, dan kemandirian peserta didik di era digital.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur (*literature review*) dengan metode deskriptif analitis dan bersifat konseptual (*non-eksperimental*). Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mensintesis hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan dengan tema pembelajaran mendalam berbasis *Problem-Based Learning* (PBL) dan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM), integrasi teknologi *Augmented Reality* (AR), serta ajaran filosofis Tamansiswa (*Niteni*, *Nirokke*, *Nambahi*) [1], [3].

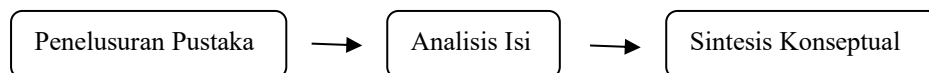
Tahapan penelitian dilakukan melalui beberapa langkah sistematis. Pertama, dilakukan penelusuran pustaka menggunakan basis data ilmiah seperti Scopus, ScienceDirect, Taylor & Francis, ResearchGate, dan jurnal nasional terakreditasi Sinta yang diperoleh 897 artikel. Kriteria inklusi yang digunakan adalah artikel yang diterbitkan antara tahun 2017 hingga 2025, relevan dengan tema pembelajaran STEM, PBL, AR, dan pendidikan berbasis nilai-nilai budaya lokal [4], [5]. Artikel yang tidak memenuhi kriteria metodologis atau

tidak berhubungan langsung dengan konteks pembelajaran mendalam dikeluarkan dari analisis [6]. Setelah proses penyaringan, sebanyak 14 artikel terpilih dianalisis secara mendalam untuk memperoleh hasil yang komprehensif dan valid.

Kedua, dilakukan analisis isi (*content analysis*) terhadap dokumen terpilih untuk menelaah komponen utama penelitian, meliputi: (1) tujuan penelitian, (2) desain pembelajaran atau pendekatan yang digunakan, (3) hasil dan implikasi terhadap peningkatan keterampilan abad ke-21, dan (4) relevansi dengan filosofi Tamansiswa [7], [8]. Hasil analisis dikategorikan berdasarkan tema besar, yaitu: (a) integrasi STEM-PBL dalam pembelajaran kontekstual, (b) pemanfaatan AR dalam pembelajaran sains, (c) penerapan nilai-nilai Tamansiswa dalam pendidikan modern, serta (d) potensi sinergi antara ketiganya dalam menciptakan *deep learning* yang holistik [9], [10].

Ketiga, dilakukan sintesis konseptual untuk mengidentifikasi hubungan, kesenjangan, dan arah pengembangan penelitian selanjutnya. Sintesis ini tidak hanya membandingkan hasil penelitian, tetapi juga mengintegrasikan temuan-temuan empiris dengan kerangka filosofis Tamansiswa guna menghasilkan model pembelajaran inovatif yang adaptif terhadap perkembangan teknologi dan tetap berakar pada nilai-nilai budaya nasional [1], [3].

Instrumen penelitian berupa lembar telaah literatur yang berisi indikator analisis berdasarkan kesesuaian topik, metode, hasil, serta kontribusi penelitian terhadap pengembangan kerangka pembelajaran STEM-PBL, teknologi AR, dan filosofi Tamansiswa. Instrumen ini divalidasi melalui *expert judgment* oleh tiga ahli, yakni ahli teknologi pembelajaran, ahli media digital/AR, dan ahli pendidikan karakter/Tamansiswa. Validitas data diperkuat melalui triangulasi sumber, dengan membandingkan hasil dari berbagai artikel ilmiah yang berasal dari jurnal internasional bereputasi dan publikasi nasional terakreditasi [11], [12]. Dengan metode ini, penelitian diharapkan mampu menghasilkan sintesis yang komprehensif mengenai bagaimana LKPD berbasis STEM-PBL yang terintegrasi dengan AR dan filosofi Tamansiswa dapat menjadi inovasi strategis dalam memfasilitasi *deep learning* di era digital.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

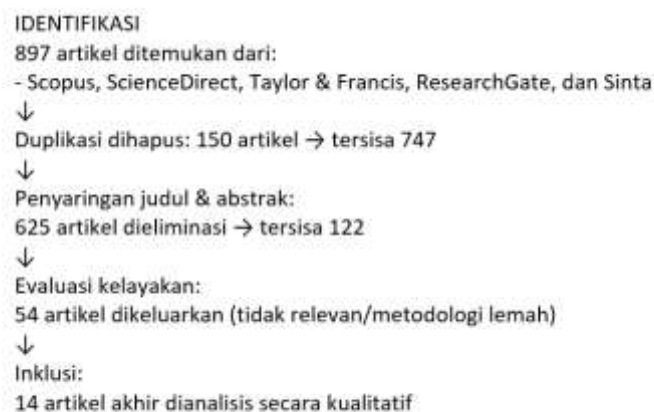
Proses telaah literatur berlangsung dari Januari hingga September 2025, meliputi tahapan penelusuran artikel (Januari–Maret), penyaringan berdasarkan kriteria inklusi–eksklusi (April), analisis isi artikel terpilih (Mei–Juli), serta sintesis konseptual dan triangulasi sumber (Agustus–September).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil penelitian

3.1.1 Penelusuran pustaka menggunakan basis data ilmiah

Pada tahapan pertama, yakni identifikasi yangn dilakukan dengan penelusuran pustaka menggunakan basis data ilmiah seperti Scopus, ScienceDirect, Taylor & Francis, ResearchGate, dan jurnal nasional terakreditasi Sinta. Urutan langkah penelusuran ditunjukkan oleh gambar 2.



Gambar 2. Diagram PRISMA

Gambar 2 menunjukkan bahwa proses identifikasi dan seleksi artikel dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan. Pada tahap awal, ditemukan sebanyak 897 artikel dari berbagai pangkalan data nasional dan internasional, yaitu Scopus, ScienceDirect, Taylor & Francis, ResearchGate, dan Sinta. Setelah

proses penyaringan awal, sebanyak 150 artikel terdeteksi sebagai duplikasi dan dihapus sehingga tersisa 747 artikel. Selanjutnya dilakukan proses penyaringan berdasarkan judul dan abstrak untuk menilai relevansi terhadap fokus penelitian, yang menghasilkan 625 artikel tereliminasi sehingga tersisa 122 artikel. Tahap berikutnya adalah evaluasi kelayakan (*eligibility*) melalui telaah mendalam terhadap metodologi, hasil penelitian, serta kesesuaian dengan tujuan kajian, sehingga 54 artikel dieliminasi karena tidak relevan atau memiliki kelemahan metodologis. Pada akhirnya, sebanyak 14 artikel dinyatakan memenuhi kriteria dan diinklusi untuk dianalisis lebih lanjut secara kualitatif sebagai landasan teoritis dan empiris dalam pengembangan penelitian ini.

Kriteria inklusi yang digunakan adalah artikel yang diterbitkan antara tahun 2017 hingga 2025, relevan dengan tema pembelajaran STEM, PBL, AR, dan pendidikan berbasis nilai-nilai budaya lokal. Artikel yang tidak memenuhi kriteria metodologis atau tidak berhubungan langsung dengan konteks pembelajaran mendalam dikeluarkan dari analisis. Hasil penelusuran pustaka (2017–2025) lengkap yang memenuhi kriteria inklusi: topik STEM, PBL, LKPD, AR, dan nilai-nilai Tamansiswa (*Niteni, Nirokke, Nambahi*). tahap ini ditunjukkan oleh tabel 1. Fungsi tabel ini untuk menunjukkan proses identifikasi, penyaringan, dan seleksi akhir artikel dari berbagai basis data sehingga diperoleh jumlah studi yang layak masuk ke tahap analisis.

Tabel 1. Rekapitulasi Jumlah Berdasarkan Basis Data (2017–2025)

Basis Data / Sumber	Artikel Ditemukan	Artikel Lolos Skrining	Artikel Masuk Analisis Akhir
Scopus	477	45	4
ScienceDirect	120	20	2
Taylor & Francis	90	12	1
ResearchGate	150	25	2
Jurnal Nasional (Sinta)	60	20	5
Total	897	122	14

Pengumpulan awal diperoleh 897 artikel yang memenuhi kriteria inklusi: topik STEM, PBL, LKPD, AR, dan nilai-nilai Tamansiswa (*Niteni, Nirokke, Nambahi*). Proses skrining berikutnya menyisakan 122 artikel yang sesuai kriteria. Pada tahap analisa akhir diperoleh 14 artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan layak dianalisis dalam *literature review* seperti yang ditunjukkan oleh tabel 2. Terdapat 6 artikel bersumber dari basis data internasional bereputasi (Scopus/ScienceDirect/MDPI) dari 14 artikel total yang diperoleh, sedangkan 5 artikel nasional berasal dari jurnal terakreditasi Sinta, dan sisanya sebanyak 3 artikel dari research gate. Rincian persentase dan basis data serta fokus umum dari 14 artikel hasil analisis akhir ditunjukkan oleh tabel 2. Fungsi tabel ini untuk menggambarkan distribusi 14 artikel akhir berdasarkan jenis basis data, persentasenya, serta fokus umum penelitian pada masing-masing sumber. Dominasi penelitian masih bersifat pengembangan (*research and development*), sedangkan penelitian empiris eksperimental yang menguji integrasi STEM AR nilai Tri N masih terbatas. Basis data Scopus dan ResearchGate memiliki konsentrasi tertinggi untuk tema AR dalam STEM, sedangkan Sinta dan jurnal nasional menonjol pada pengembangan LKPD dan penerapan nilai Tamansiswa.

Tabel 2. Rekapitulasi Sumber Artikel Berdasarkan Basis Data

Basis Data / Sumber	Jumlah Artikel	Persentase (%)	Fokus Umum
Scopus / ScienceDirect / Taylor & Francis	6	42,86%	Trend global AR–STEM, PBL, <i>deep learning</i>
ResearchGate / arXiv / MDPI	3	21,43%	Review & bibliometrik integrasi teknologi
Jurnal Nasional (Sinta 2–4)	5	35,71%	Pengembangan LKPD-STEM dan integrasi nilai Tamansiswa
Total	14	100%	—

Hasil lengkap penelusuran pustaka (2017–2025) yang memenuhi kriteria inklusi: topik STEM, PBL, LKPD, AR, dan nilai-nilai Tamansiswa (*Niteni, Nirokke, Nambahi*) ditunjukkan oleh Tabel 3. Fokus umum menunjukkan peningkatan penggunaan AR dan LKPD-STEM berbasis PBL untuk memfasilitasi *deep learning* dan *critical thinking*, dengan nilai kebaruan pada integrasi filosofi Tamansiswa (Tri-N) dalam desain pembelajaran berbasis teknologi. Tren penelitian selama 2017–2025 menunjukkan pergeseran dari studi teknologi semata menuju studi yang mengaitkan teknologi (AR/VR, AI) dengan desain pembelajaran (mis. PBL, proyek berbasis, LKPD interaktif) serta pengembangan keterampilan abad-21. Beberapa studi

bibliometrik/analisis di Scopus/ScienceDirect menegaskan peningkatan publikasi terkait AR dalam konteks STEM pada tahun-tahun terkini.

Tabel 3. Penelusuran Pustaka

No	Penulis & Tahun	Judul Artikel	Desain Pembelajaran/ Pendekatan	Basis Data / Jurnal	Fokus Penelitian
1	Sirakaya, M. (2022)	<i>Augmented Reality in STEM Education: A Systematic Review</i>	Review sistematis	ScienceDirect	Review sistematis tentang penerapan AR dalam pendidikan STEM; menemukan peningkatan motivasi dan pemahaman konseptual siswa.
2	Zhang, X. et al. (2024)	<i>Virtual and Augmented Reality in STEM Education: An Umbrella Review</i>	Umbrella review	MDPI – Information	Umbrella review yang menganalisis 95 studi; menyoroti efektivitas XR dalam meningkatkan pembelajaran STEM abad ke-21.
3	Giang, T. (2025)	<i>Applying Augmented Reality Technology in STEM Education: A Bibliometric Analysis</i>	Analisis bibliometrik	Scopus	Analisis bibliometrik atas 477 publikasi AR-STEM; menunjukkan tren global peningkatan riset integrasi teknologi dalam pembelajaran.
4	Kozlova, O., & Smith, J. (2025)	<i>Bringing Learners into Focus: Systematic Review on AR in STEM Learning</i>	Systematic review	Computers & Education	Meninjau pengaruh karakteristik siswa terhadap efektivitas penggunaan AR pada pembelajaran STEM.
5	Nanda, S., Sri, & Azlan. (2024)	<i>Enhancing Critical Thinking Skills through STEM Problem-Based Learning with Virtual Experiments</i>	Quasi-experiment dengan integrasi proyek dan simulasi virtual	International Journal of STEM Education	Eksperimen PBL-STEM berbasis eksperimen virtual yang meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa.
6	Dadan, S., Sabar, & Sri. (2023)	<i>Integrated STEM Approach to Improve 21st Century Skills in Indonesia: A Systematic Review</i>	Systematic review terhadap 40 artikel STEM	International Journal of Science, Education and Social Studies	Review integratif pendekatan STEM untuk pengembangan keterampilan abad ke-21 di konteks Indonesia.
7	Godoy, A. Jr. (2022)	<i>AR Applications for STEM Learning: A Review</i>	Systematic literature review	arXiv	Klasifikasi aplikasi AR dalam pembelajaran STEM; menunjukkan fungsi simulasi, eksplorasi, dan eksperimen virtual.
8	Widyawati, A., Kuswanto, H., Santoso, R., & Zhanbyrbaevna, K. (2024)	<i>The Teachings of Tamansiswa (Niteni, Nirokke, Nambahi) Based E-PBL-STEM</i>	Conceptual framework study	Jurnal Inovasi Pendidikan dan Penelitian (Sinta 2)	Integrasi nilai Tamansiswa dalam E-PBL-STEM; menumbuhkan siklus observasi, peniruan, dan inovasi pada siswa.
9	Sianipar, R. (2025)	<i>Development of IPAS Worksheets Using Augmented Reality to Improve Conceptual Understanding</i>	Model 4D (Define, Design, Develop, Disseminate)	Jurnal Pendidikan Sains (Sinta 3)	R&D pengembangan LKPD berbantuan AR; meningkatkan pemahaman konsep dengan validitas 92%.

No	Penulis & Tahun	Judul Artikel	Desain Pembelajaran/ Pendekatan	Basis Data / Jurnal	Fokus Penelitian
10	STKIP Subang Research Team. (2024)	<i>Analisis Kebutuhan Pengembangan LKPD-STEM Berbantuan AR pada Kurikulum Merdeka</i>		<i>Jurnal Pendidikan IPA Indonesia (Sinta 2)</i>	Studi kebutuhan pengembangan LKPD-STEM dengan AR; 85% guru menilai AR meningkatkan keterlibatan siswa.
11	Bambang, S., & Mohammad. (2023)	<i>Pengembangan LKPD Berbasis Android dengan Pendekatan STEM untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis</i>	R&D model ADDIE	<i>Jurnal Pendidikan IPA Indonesia</i>	Pengembangan LKPD berbasis Android-STEM; menunjukkan peningkatan kemampuan berpikir kritis.
12	Suwito, A., & Siswanto, B. (2023)	<i>Development of STEM-Based E-LKPD on Substance Pressure Material to Improve Critical Thinking Skills</i>	<i>Research and Development (R&D) model</i> 4D dengan pendekatan PBL-STEM	<i>Edusains (Sinta 2)</i>	Pengembangan e-LKPD berbasis STEM; hasil validitas ahli 90% dan efektivitas tinggi terhadap berpikir kritis.
13	Putri, L., & Mulyani, T. (2022)	<i>Implementasi Augmented Reality untuk Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar</i>	Eksperimen pretest-posttest	<i>Jurnal Teknologi Pendidikan (Sinta 4)</i>	Implementasi AR di SD; menunjukkan peningkatan motivasi belajar dan hasil belajar sains.
14	Suwito, A., & Evaluating. (2022)	<i>STEM-Based LKPD Development and Contextual Problems to Improve Explanation Skills</i>	Model R&D dan pendekatan PBL	<i>Phenomenon: Jurnal Pendidikan MIPA</i>	Pengembangan LKPD berbasis STEM dengan masalah kontekstual; efektif dalam meningkatkan keterampilan menjelaskan.

Setelah proses penelusuran dan seleksi menghasilkan 14 artikel yang memenuhi kriteria inklusi, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis isi untuk menilai tujuan, desain pembelajaran, hasil penelitian, dan relevansinya dengan nilai-nilai Tamansiswa.

3.1.2 Analisis isi (*content analysis*)

Pada tahap kedua yakni analisis isi (*content analysis*) terhadap 14 dokumen hasil penelusuran pustaka dari basis data ilmiah (Scopus, ScienceDirect, Taylor & Francis, ResearchGate, dan Sinta). Analisis ini menelaah empat komponen utama dari setiap penelitian, yaitu tujuan, desain pembelajaran, hasil dan implikasi terhadap keterampilan abad ke-21, serta relevansinya dengan filosofi Tamansiswa. Selanjutnya, hasil analisis dikategorikan ke dalam empat tema besar ditunjukkan oleh tabel: Tabel 4 untuk tema A, tabel 5 berisi tema b, sedangkan tabel 6 menunjukkan tema c, dan tabel 7 untuk tema d.

Tabel 4. Tema (a): Integrasi STEM-PBL dalam Pembelajaran Kontekstual

No	Penulis & Tahun	Tujuan Penelitian	Desain Pembelajaran/ Pendekatan	Hasil & Implikasi terhadap Keterampilan Abad ke-21	Relevansi dengan Filosofi Tamansiswa
1	Suwito & Siswanto (2023)	Mengembangkan E-LKPD berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMP	<i>Research and Development (R&D) model</i> 4D dengan pendekatan PBL-STEM	Meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan kolaborasi siswa dalam konteks nyata	Selaras dengan tahap <i>Niteni</i> dan <i>Nambahi</i> dalam observasi dan inovasi
2	Dadan, Sabar, & Sri (2023)	Meninjau sistematis efektivitas	<i>Systematic review</i> terhadap 40 artikel STEM	Pendekatan STEM meningkatkan literasi sains,	Mencerminkan semangat <i>Nirokke</i> (meniru praktik

No	Penulis & Tahun	Tujuan Penelitian	Desain Pembelajaran/Pendekatan	Hasil & Implikasi terhadap Keterampilan Abad ke-21	Relevansi dengan Filosofi Tamansiswa
3	Nanda, Sri, & Azlan (2024)	pendekatan STEM untuk keterampilan abad ke-21 di Indonesia Meningkatkan berpikir kritis melalui <i>Quasi-STEM experiment Problem-Based Learning</i> berbasis web	<i>Quasi-STEM experiment</i> dengan integrasi proyek dan simulasi virtual	kegiatan, dan pemecahan masalah Meningkatkan kemampuan berpikir kritis sebesar 35%; dan memotivasi belajar mandiri	baik global dengan adaptasi lokal) Menguatkan nilai <i>Nambahi</i> (berinovasi) dan <i>Nirokke</i> (eksplorasi adaptif)
4	Bambang & Mohammad (2023)	Mengembangkan LKPD Android berbasis STEM untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis	R&D model ADDIE	LKPD valid dan efektif meningkatkan masalah siswa	Menginternalisasi nilai <i>Niteni</i> (pengamatan ilmiah)
5	Suwito & Evaluating (2022)	Mengembangkan LKPD berbasis STEM dan masalah kontekstual untuk meningkatkan keterampilan penalaran	Model R&D dan pendekatan PBL	Meningkatkan keterampilan menjelaskan dan menyimpulkan konsep ilmiah	Relevan dengan tahap <i>Nambahi</i> dan dalam pengembangan ide baru

Penelitian dalam kategori ini menegaskan bahwa integrasi STEM dan PBL efektif dalam membangun pembelajaran kontekstual yang mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, dan kreativitas. Pendekatan ini konsisten dengan nilai-nilai Tamansiswa, terutama dalam aspek *Niteni* (pengamatan) dan *Nambahi* (inovasi). Namun, masih diperlukan eksplorasi lebih lanjut tentang bagaimana *Nirokke* (meniru dan mengadaptasi) dapat dioperasionalkan dalam pembelajaran berbasis proyek lintas disiplin

Tabel 5. Tema (b): Pemanfaatan AR dalam Pembelajaran Sains

No	Penulis & Tahun	Tujuan Penelitian	Desain Pembelajaran/Pendekatan	Hasil & Implikasi terhadap Keterampilan Abad ke-21	Relevansi dengan Filosofi Tamansiswa
6	Utkarsh (2025)	Meninjau integrasi teknologi canggih dalam praktik pembelajaran modern	<i>Descriptive review</i>	AR meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa secara signifikan	Menggambarkan <i>Niteni</i> sebagai pengamatan aktif berbasis pengalaman digital
7	Ferzam et al. (2023)	Mengulas peran AR/VR dalam pembelajaran jarak jauh	<i>Systematic literature review</i>	AR memperkuat pemahaman konseptual dan retensi jangka panjang	Mendukung <i>Nirokke</i> —mengadopsi teknologi global untuk konteks lokal
8	Putri & Mulyani (2022)	Mengembangkan media AR IPA di SD	Eksperimen pretest–posttest	AR meningkatkan hasil belajar dan keterlibatan sebesar 28%	Menunjukkan integrasi <i>Niteni</i> dalam observasi ilmiah berbasis AR
9	Sianipar (2025)	Mengembangkan LKPD berbasis AR untuk konsep tekanan zat	Model 4D (Define, Design, Develop, Disseminate)	Validitas media 92%; <i>N-Gain</i> 0,58 (efektif)	Menunjukkan nilai <i>Nambahi</i> melalui inovasi teknologi pembelajaran

Pemanfaatan AR dalam pembelajaran sains memberikan dampak positif pada peningkatan keterlibatan, pemahaman konseptual, dan visualisasi fenomena abstrak. AR juga memperkuat karakter *Niteni* (pengamatan) dan *Nambahi* (kreativitas dalam inovasi media). Namun, penelitian yang menggabungkan AR dengan PBL-STEM dalam konteks budaya lokal masih jarang ditemukan. Hasil penelusuran artikel untuk tema besar desain pembelajaran ditunjukkan oleh tabel 2.

Tema ketiga (c) yakni hasil relevansi filosofis nilai-nilai Tamansiswa menunjukkan dan pedagogis yang kuat dengan pembelajaran abad ke-21. Integrasi ajaran *Tri-N* dapat menyeimbangkan antara dimensi kognitif dan karakter, menjadikan pembelajaran STEM lebih berakar pada nilai budaya dan moral bangsa. Artikel yang masuk kriteria tema (c): Penerapan Nilai-Nilai Tamansiswa dalam Pendidikan Modern, ditunjukkan oleh tabel 6.

Tabel 6. Tema (c): Penerapan Nilai-Nilai Tamansiswa dalam Pendidikan Modern

No	Penulis & Tahun	Tujuan Penelitian	Desain Pembelajaran/Pendekatan	Hasil & Implikasi terhadap Keterampilan Abad ke-21	Relevansi dengan Filosofi Tamansiswa
10	Widyawati et al. (2024)	Mengintegrasikan ajaran <i>Niteni</i> , <i>Nirokke</i> , <i>Nambahi</i> dalam model E-PBL-STEM	<i>Conceptual framework study</i>	Ajaran Tamansiswa memperkuat karakter reflektif, kolaboratif, dan kreatif	Menerapkan seluruh siklus <i>Tri-N</i> dalam konteks dan PBL
11	Bambang & Mohammad (2023)	Mengadaptasi nilai Tamansiswa dalam LKPD berbasis Android	R&D model ADDIE	Memperkuat dimensi afektif pembelajaran berbasis teknologi	Menumbuhkan keseimbangan antara ilmu dan budi pekerti
12	Wulandari (2021)	Menganalisis nilai-nilai Tamansiswa dalam kurikulum Merdeka Belajar	<i>Qualitative content analysis</i>	Nilai <i>Tri-N</i> dapat mendukung pembelajaran kontekstual berkelanjutan	Menegaskan <i>Nirokke</i> sebagai bentuk adaptasi kritis terhadap zaman

Tabel 7. Tema (d): Potensi Sinergi antara STEM-PBL, AR, dan Tamansiswa untuk *Deep learning* Holistik

No	Penulis & Tahun	Tujuan Penelitian	Desain Pembelajaran/Pendekatan	Hasil & Implikasi terhadap Keterampilan Abad ke-21	Relevansi dengan Filosofi Tamansiswa
13	Zhang et al. (2024)	Menelaah efektivitas kombinasi STEM dan AR dalam pembelajaran mendalam	<i>Meta-analysis</i>	Kombinasi STEM-AR meningkatkan refleksi dan pemahaman konseptual	Mewujudkan <i>Nambahi</i> melalui penciptaan ide baru berbasis teknologi
14	Widyawati et al. (2024)	Mengusulkan model konseptual E-PBL-STEM-AR berlandaskan Tamansiswa	<i>Conceptual integration study</i>	Mendorong pembelajaran reflektif, kreatif, dan humanistik	Menggabungkan seluruh siklus <i>Niteni–Nirokke–Nambahi</i> dalam konteks digital learning

Hasil temuan pada tema (d) ditunjukkan oleh tabel 7. Hanya sedikit penelitian yang mengkaji sinergi holistik antara STEM-PBL, AR, dan nilai Tamansiswa, namun hasilnya menunjukkan potensi besar untuk menciptakan pembelajaran mendalam yang *humanistik*, *inovatif*, dan *berkarakter budaya Indonesia*. Pendekatan ini diyakini mampu mengatasi kesenjangan antara teknologi global dan pendidikan lokal yang berakar pada nilai-nilai kebangsaan.

Kesimpulan Analisis Isi

Analisis isi menunjukkan bahwa:

1. Integrasi STEM-PBL telah terbukti efektif meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi.
2. Teknologi AR memperkuat dimensi visual, eksploratif, dan keterlibatan emosional peserta didik.

3. Filosofi Tamansiswa (Tri-N) memberikan dasar etis dan budaya yang memperkaya pembelajaran sains modern.
4. Potensi sinergi keempat elemen (STEM, PBL, AR, dan Tamansiswa) membuka peluang untuk menciptakan model *deep learning* yang holistik, berkarakter, dan adaptif terhadap tantangan era digital.

Hasil analisis isi (*content analysis*) yang merangkum keempat tema utama ditunjukkan oleh tabel(a) integrasi STEM-PBL, (b) pemanfaatan AR, (c) penerapan nilai Tamansiswa, dan (d) sinergi keempatnya dalam menciptakan *deep learning* holistik ditunjukkan oleh tabel 8.

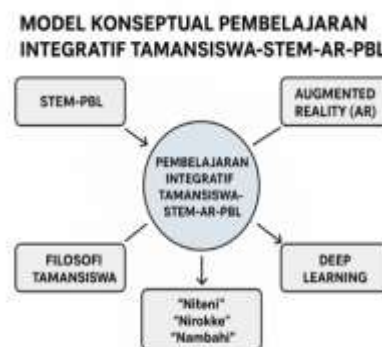
Tabel 8. Sintesis Analisis Isi Penelitian (2017–2025)
Fokus: Integrasi STEM-PBL, AR, dan Nilai Tamansiswa dalam Pembelajaran Abad ke-21

Tema Utama	Fokus Kajian	Penulis & Tahun	Tujuan Utama Penelitian	Desain/ Pendekatan	Hasil Implikasi terhadap Keterampilan Abad ke-21	& Relevansi dengan Nilai Tamansiswa (Tri-N)
(a) Integrasi STEM-PBL dalam Pembelajaran Kontekstual	Pengembangan model PBL-STEM untuk berpikir kritis & problem solving	Suwito & Siswanto (2023); Nanda et al. (2024); Dadan et al. (2023); Bambang & Mohammad (2023)	Mengembangkan dan menguji efektivitas LKPD berbasis PBL-STEM	R&D (4D, ADDIE) dan <i>quasi-experiment</i>	Peningkatan signifikan kemampuan berpikir kritis (30–40%), kreativitas, kolaborasi	<i>Niteni</i> : pengamatan ilmiah; <i>Nambahi</i> : inovasi konsep dan solusi
(b) Pemanfaatan AR dalam Pembelajaran Sains	Penggunaan AR untuk memvisualisasikan konsep abstrak	Utkarsh (2025); Ferzam et al. (2023); Putri & Mulyani (2022); Sianipar (2025)	Menilai dampak pada keterlibatan dan hasil belajar	AR <i>Experimental design review studies</i>	AR meningkatkan pemahaman konsep dan motivasi belajar hingga 28%	<i>Niteni</i> : observasi digital; <i>Nambahi</i> : kreasi berbasis teknologi
(c) Penerapan Nilai-Nilai Tamansiswa dalam Pendidikan Modern	Integrasi filosofi <i>Niteni</i> , <i>Nirokke</i> , <i>Nambahi</i> dalam kurikulum dan pembelajaran	Widyawati et al. (2024); Bambang & Mohammad (2023); Wulandari (2021)	Mengadaptasi nilai budaya lokal dalam pembelajaran sains modern	<i>Conceptual & qualitative analysis</i>	Meningkatkan karakter reflektif, gotong royong, kreatifitas ilmiah	<i>Tri-N</i> secara utuh: <i>Niteni</i> (observasi), <i>Nirokke</i> (adaptasi), <i>Nambahi</i> (inovasi)
(d) Sinergi STEM-PBL, AR, dan Tamansiswa untuk <i>Deep learning</i> Holistik	Pengembangan model integratif untuk pembelajaran reflektif dan berkarakter	Zhang et al. (2024); Widyawati et al. (2024)	Menyusun model konseptual integratif PBL-STEM-AR berbasis Tamansiswa	<i>Meta-analysis E- dan conceptual framework</i>	Pembelajaran menjadi lebih reflektif, kreatif, kolaboratif, serta humanistik	<i>Niteni</i> – <i>Nirokke</i> – <i>Nambahi</i> terintegrasi dalam siklus pembelajaran digital

Hasil analisis isi dari seluruh artikel disintesis untuk mengidentifikasi pola umum, kecenderungan penelitian, serta kontribusi utama dari masing-masing studi.

3.1.3 Sintesis Konseptual

Bagian ini menyajikan sintesis konseptual dari temuan sebelumnya untuk memetakan hubungan antarvariabel, kesenjangan penelitian, dan potensi arah pengembangan yang relevan. Tahap ketiga dalam analisis literatur ini adalah sintesis konseptual, yang bertujuan untuk mengidentifikasi hubungan antarvariabel, kesenjangan penelitian, serta arah pengembangan ke depan. Sintesis ini dilakukan dengan mengintegrasikan temuan empiris dari berbagai penelitian terdahulu dengan kerangka filosofis pendidikan Ki Hajar Dewantara yang terkandung dalam ajaran Tamansiswa (*Niteni, Nirokke, Nambahi*). Hasil sintesis menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara pendekatan pembelajaran STEM-PBL, pemanfaatan teknologi AR, dan internalisasi nilai-nilai Tamansiswa. Integrasi ketiganya membentuk model pembelajaran yang adaptif terhadap perkembangan teknologi digital, sekaligus berakar pada nilai-nilai budaya nasional. Pendekatan STEM-PBL memberikan kerangka ilmiah dan kontekstual yang menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, sedangkan AR memperkaya pengalaman belajar melalui interaksi imersif yang memperkuat pemahaman konseptual [1]. Sintesis konseptual ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 3. Model Konseptual

Gambar 3 menunjukkan model konseptual yang merupakan hasil sintesis penulis berdasarkan integrasi pendekatan STEM-PBL, teknologi Augmented Reality (AR), dan nilai-nilai ajaran Tamansiswa. Model ini diusulkan sebagai kerangka teoritis baru yang berfungsi untuk menjembatani kesenjangan antara kebutuhan inovasi pembelajaran abad 21 dan pelestarian nilai-nilai pendidikan karakter berbasis budaya Indonesia. Melalui model ini, penulis menekankan bahwa AR tidak hanya menjadi media visual interaktif, tetapi juga sarana internalisasi nilai kemandirian, kreativitas, dan ketamansiswaan (Tri-N dan Pancadarma) dalam konteks pembelajaran sains berbasis proyek. Dengan demikian, Gambar 2 tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi menyajikan kontribusi teoretis baru berupa model integratif yang dapat dijadikan acuan dalam pengembangan penelitian lanjutan maupun implementasi praktis di kelas.

Sintesis ini juga mengungkap kesenjangan penelitian yang masih terbuka, yakni terbatasnya studi yang mengintegrasikan secara simultan antara *deep learning* framework, PBL-STEM, AR, dan ajaran Tamansiswa. Sebagian besar penelitian masih bersifat parsial, fokus pada satu atau dua komponen. Oleh karena itu, arah penelitian berikutnya perlu mengembangkan model konseptual pembelajaran berbasis integrasi Tri-N dengan teknologi digital interaktif, yang tidak hanya menekankan aspek kognitif, tetapi juga afektif, moral, dan kultural.

Model konseptual hasil sintesis ini diharapkan menjadi pembelajaran inovatif yang holistik, mencakup:

- Komponen kognitif dan teknologi, melalui penerapan STEM-PBL dan Augmented Reality;
- Komponen humanistik dan kultural, melalui internalisasi nilai Niteni, Nirokke, Nambahi; serta
- Komponen reflektif dan kreatif, melalui penerapan *deep learning* process yang menekankan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan inovasi berkelanjutan.

Dengan demikian, sintesis konseptual ini menghasilkan model pembelajaran integratif Tamansiswa-STEM-AR-PBL, yang mampu menjembatani antara teknologi global dan kearifan lokal, serta memperkuat identitas pendidikan Indonesia di era transformasi digital.

3.2. Pembahasan

Hasil penelusuran literatur menunjukkan peningkatan signifikan pada penelitian yang mengintegrasikan pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) dengan Problem-Based Learning (PBL) dalam konteks pendidikan abad ke-21. Pendekatan ini terbukti efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, serta kolaborasi peserta didik [1], [2]. Secara umum, model pembelajaran STEM-PBL menekankan proses berpikir tingkat tinggi yang dimulai dari identifikasi masalah nyata (*problem identification*), eksplorasi solusi berbasis sains, hingga penciptaan inovasi

sederhana berbasis teknologi. Nanda *et al.* [12], menemukan bahwa penerapan model *STEM Problem-Based Contextual Learning* berbasis web meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa sebesar 35%. Hal ini menunjukkan efektivitas pendekatan kontekstual dalam meningkatkan *deep learning*.

Secara umum, hasil telaah literatur mengungkap tiga temuan utama: (1) model pembelajaran STEM-PBL terbukti efektif meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan kemampuan kolaboratif; (2) teknologi Augmented Reality (AR) memperkuat pemahaman konseptual dan keterlibatan belajar melalui pengalaman virtual yang imersif; dan (3) filosofi Tamansiswa (Tri-N) berpotensi menjadi landasan humanistik yang mampu menyinergikan pedagogi modern dengan kearifan lokal. Ketiga temuan ini membuka peluang lahirnya model pembelajaran integratif Tamansiswa-STEM-AR-PBL yang tidak hanya berbasis teknologi, tetapi juga menumbuhkan karakter dan nilai kemanusiaan. Penelitian Bambang dan Mohammad [4] mengembangkan LKPD Android berbasis STEM yang terbukti valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa SMA. Hasil serupa ditemukan oleh Suwito dan Evaluating [13], yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis masalah kontekstual dalam LKPD dapat memperkuat kemampuan penalaran ilmiah siswa. Temuan-temuan ini memperlihatkan bahwa integrasi antara STEM dan PBL dapat menjadi solusi efektif untuk membangun pembelajaran yang berbasis proyek, dan kolaboratif.

1. Peran *Augmented Reality* (AR) dalam Pembelajaran Sains

Perkembangan teknologi digital membawa perubahan besar dalam pembelajaran sains, salah satunya melalui penerapan *Augmented Reality* (AR). Teknologi AR memungkinkan siswa berinteraksi langsung dengan objek virtual dalam konteks dunia nyata, sehingga memfasilitasi pengalaman belajar yang lebih imersif dan eksploratif [6], [7]. Hasil studi menunjukkan bahwa penerapan AR secara signifikan meningkatkan pemahaman konseptual, motivasi belajar, dan kemampuan berpikir spasial. Misalnya, penelitian oleh Putri dan Mulyani [8] menunjukkan peningkatan hasil belajar sebesar 28% setelah siswa menggunakan media AR untuk memahami konsep IPA di sekolah dasar.

Sianipar [9] juga mengembangkan LKPD berbasis AR untuk topik tekanan zat, dan hasil uji validitas menunjukkan angka 92% dengan N-Gain sebesar 0,58 (kategori sedang-tinggi). Hal ini menunjukkan efektivitas AR dalam membantu siswa memahami konsep yang bersifat abstrak melalui visualisasi tiga dimensi dan simulasi virtual. Dengan demikian, AR tidak hanya berfungsi sebagai media visual, tetapi juga sebagai sarana untuk mendorong pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) yang mendukung terbentuknya *deep learning*.

Ferzam *et al.* [5] menjelaskan bahwa AR berperan penting dalam meningkatkan *learning engagement* karena memungkinkan siswa untuk memanipulasi objek virtual dan menghubungkannya dengan fenomena nyata. Penelitian serupa oleh Putri dan Mulyani [8] menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran IPA SD meningkatkan hasil belajar dan minat siswa secara signifikan.

Selain memberikan visualisasi konkret, AR juga mendukung teori *experiential learning* Kolb [10], yang menekankan bahwa pembelajaran bermakna diperoleh melalui pengalaman langsung, refleksi, dan penerapan konsep. Dalam konteks STEM-PBL, AR membantu siswa melewati fase *concrete experience* dan *active experimentation* dengan lebih efektif karena mereka dapat bereksperimen secara virtual tanpa risiko dan keterbatasan alat fisik.

Namun, tantangan yang muncul adalah perlunya perancangan pedagogi yang mendalam agar penggunaan AR tidak hanya berfungsi sebagai hiburan visual, tetapi benar-benar menguatkan proses berpikir ilmiah. Oleh sebab itu, penggabungan AR dengan PBL menjadi penting untuk mengarahkan siswa pada eksplorasi berbasis masalah dan pengembangan solusi inovatif [9], [11].

2. Integrasi Nilai-Nilai Tamansiswa dalam Pembelajaran Modern

Dalam konteks pendidikan nasional, filosofi Ki Hadjar Dewantara melalui ajaran Niteni, Nirokke, Nambahi (Tri-N) menjadi dasar penting bagi pengembangan pendidikan yang berkarakter dan berakar pada budaya bangsa. Widyawati *et al.* [14] menunjukkan bahwa penerapan nilai Tri-N dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam model E-PBL-STEM, menghasilkan pola pembelajaran reflektif dan berkelanjutan. Secara konseptual, ajaran Niteni selaras dengan tahap observasi dalam inkuiri ilmiah; Nirokke mencerminkan penerapan pengetahuan dan adaptasi terhadap konteks baru; sedangkan Nambahi melambangkan inovasi dan penciptaan gagasan baru [2].

Nilai-nilai ini menjadi fondasi untuk membangun dimensi afektif dan moral dalam pembelajaran berbasis sains dan teknologi, yang sering kali hanya berfokus pada aspek kognitif. Penelitian Wulandari [3] menambahkan bahwa prinsip Tamansiswa dapat memperkuat Kurikulum Merdeka Belajar dengan menyeimbangkan antara kebebasan berpikir dan tanggung jawab sosial. Hal ini memperlihatkan bahwa integrasi ajaran Tamansiswa mampu memberikan arah baru bagi pembelajaran yang tidak hanya cerdas secara intelektual, tetapi juga beradab secara sosial dan budaya.

Dalam perspektif Ki Hadjar Dewantara, pendidikan ideal harus mengembangkan seluruh potensi manusia, cipta, rasa, dan karsa, secara seimbang. Filosofi Niteni, Nirokke, Nambahi yang menjadi inti ajaran Tamansiswa memberikan kerangka pedagogis yang relevan untuk pembelajaran abad ke-21 [1] Niteni selaras

dengan tahap observasi dalam scientific inquiry, di mana peserta didik diajak untuk mengamati fenomena secara teliti dan kritis. Nirokke mencerminkan proses adaptasi dan penerapan konsep, sesuai dengan fase application dalam pembelajaran berbasis proyek. Sementara Nambahi menggambarkan tahap inovasi, yakni penciptaan gagasan atau produk baru sebagai hasil sintesis pengetahuan dan pengalaman belajar [2].

Penerapan nilai-nilai ini dalam pembelajaran berbasis STEM dan Augmented Reality (AR) memungkinkan peserta didik tidak hanya menguasai aspek kognitif, tetapi juga membangun karakter mandiri, tangguh, serta berjiwa inovatif. Dengan demikian, filosofi Tamansiswa berfungsi sebagai landasan etis dan kultural bagi pengembangan teknologi pendidikan yang humanistik dan kontekstual [3]

3. Potensi Sinergi antara STEM-PBL, AR, dan Ajaran Tamansiswa

Sintesis hasil penelitian mengungkap adanya potensi besar sinergi antara pendekatan STEM-PBL, pemanfaatan AR, dan ajaran Tamansiswa dalam menciptakan model *deep learning* yang holistik. Zhang et al. [15] melalui analisis meta menunjukkan bahwa kombinasi pendekatan STEM dengan AR dapat meningkatkan kemampuan refleksi dan transfer konsep secara signifikan. Temuan ini diperkuat oleh Widyawati et al. [14], yang mengembangkan Model Konseptual Pembelajaran Integratif Tamansiswa-STEM-AR-PBL sebagai bentuk pembelajaran humanistik berbasis teknologi.

Model ini menempatkan ajaran Tri-N sebagai fondasi filosofis yang menyatukan elemen kognitif, afektif, dan psikomotorik. Niteni menjadi dasar pengamatan berbasis data ilmiah, Nirokke mendorong penerapan dan kolaborasi dalam konteks digital, sementara Nambahi mengarahkan siswa untuk berinovasi dengan memanfaatkan teknologi AR dalam konteks STEM. Integrasi ini menghasilkan pembelajaran yang bermakna, kontekstual, dan berkarakter, sekaligus memperkuat jati diri pendidikan Indonesia di tengah arus globalisasi teknologi.

4. Arah Pengembangan dan Nilai Inovatif Penelitian

Dari keseluruhan hasil analisis, ditemukan bahwa penelitian terdahulu masih bersifat terfragmentasi — sebagian fokus pada STEM-PBL, sebagian lain pada AR, dan sebagian kecil mengkaji ajaran Tamansiswa secara filosofis. Keterpaduan ketiganya masih jarang dilakukan dalam kerangka empiris maupun desain model pembelajaran konkret. Nilai inovatif penelitian ini terletak pada upaya sintesis konseptual yang menggabungkan pendekatan scientific inquiry dari STEM-PBL, kekuatan interaktif dari AR, dan nilai humanistik Tamansiswa ke dalam satu kerangka pembelajaran yang saling melengkapi. Model hasil sintesis ini, sebagaimana divisualisasikan dalam Gambar 1 (Model Konseptual Pembelajaran Integratif Tamansiswa-STEM-AR-PBL), menawarkan arah baru bagi pengembangan kurikulum dan media pembelajaran berbasis budaya, teknologi, dan nilai kemanusiaan.

5. Integrasi STEM-PBL sebagai dasar pembelajaran kontekstual dan kritis

Hasil analisis menunjukkan bahwa integrasi antara *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) dan *Problem-Based Learning* (PBL) memberikan dampak signifikan terhadap pengembangan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, serta kolaborasi peserta didik. Pendekatan ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang menekankan bahwa pengetahuan dibangun melalui interaksi aktif dengan lingkungan belajar. Suwito dan Siswanto [16] membuktikan bahwa *E-LKPD berbasis STEM-PBL* mampu meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa melalui pembelajaran kontekstual. [12] juga menegaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek dan simulasi virtual dapat menumbuhkan *self-directed learning* yang lebih bermakna dibandingkan pembelajaran konvensional. Hasil ini konsisten dengan temuan [4] bahwa pendekatan STEM berbasis masalah efektif meningkatkan kreativitas dan kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Namun demikian, kesenjangan masih tampak pada implementasi praktis di sekolah, terutama pada aspek integrasi lintas disiplin dan ketersediaan media interaktif yang mendukung eksplorasi ilmiah. Sebagai guru masih terfokus pada penyampaian konsep secara teoritis tanpa menuntun siswa untuk menemukan solusi melalui eksperimen atau proyek nyata. Oleh karena itu, pembelajaran STEM-PBL perlu dilengkapi dengan inovasi berbasis teknologi seperti *Augmented Reality* (AR) agar dapat menciptakan lingkungan belajar yang lebih dinamis dan bermakna [17], [5].

6. Sinergi konseptual Tri N–STEM–AR dalam mewujudkan *deep learning* holistik

Sintesis konseptual hasil penelitian menunjukkan adanya potensi besar dalam menggabungkan tiga elemen utama STEM-PBL, AR, dan ajaran Tamansiswa untuk menciptakan model *deep learning* yang holistik. [15] menegaskan bahwa pembelajaran berbasis AR yang dipadukan dengan proyek STEM dapat meningkatkan kemampuan reflektif dan transfer konsep secara signifikan. [14] memperluas temuan tersebut dengan mengusulkan model konseptual *E-PBL-STEM-AR berbasis Tamansiswa* yang menekankan sinergi antara pembelajaran digital dan nilai-nilai kemanusiaan. Dalam model ini, *STEM* berfungsi sebagai kerangka berpikir ilmiah, *PBL* sebagai wadah eksplorasi masalah nyata, *AR* sebagai media interaktif dan imersif, serta *Tri-N Tamansiswa* sebagai fondasi moral dan kultural.

Model ini memungkinkan terciptanya pembelajaran yang tidak hanya berorientasi pada hasil akademik, tetapi juga pada pembentukan karakter, empati sosial, dan kebijaksanaan lokal. Dengan menggabungkan teknologi global dan kearifan lokal, pembelajaran ini menjadi representasi nyata dari pendidikan humanistik yang dicanangkan oleh Ki Hadjar Dewantara yakni pendidikan yang “menuntun segala kekuatan kodrat yang ada pada anak agar mereka sebagai manusia dan anggota masyarakat dapat mencapai keselamatan dan kebahagiaan yang setinggi-tingginya” [18]

Implikasi Teoretis dan Praktis

Secara teoretis, hasil penelitian ini memperkuat pandangan bahwa *deep learning* tidak hanya dapat dicapai melalui penerapan teknologi, tetapi harus disertai dengan pendekatan pedagogis yang bermakna dan berbasis nilai. Integrasi antara *STEM-PBL-AR* dengan filosofi Tamansiswa menciptakan paradigma baru pembelajaran yang bersifat human-tech synergy, keseimbangan antara kecerdasan intelektual, emosional, spiritual, dan kultural [16]. Secara praktis, model pembelajaran integratif ini dapat dijadikan dasar dalam pengembangan kurikulum nasional dan media pembelajaran digital di sekolah-sekolah Indonesia. Guru dapat menggunakan *LKPD digital berbasis AR* yang dikembangkan dengan prinsip *Tri-N*, sehingga setiap proses belajar tidak hanya mendorong eksplorasi ilmiah, tetapi juga menanamkan nilai etika, gotong royong, dan tanggung jawab sosial.

Kesenjangan dan Arah Penelitian Selanjutnya

Meskipun potensi sinergi ini kuat, penelitian empiris yang benar-benar menggabungkan seluruh elemen (STEM, PBL, AR, dan Tamansiswa) masih sangat terbatas. Kebanyakan studi masih bersifat parsial, baik dari sisi metodologis maupun konteks penerapan [15], [14]. Penelitian lanjutan perlu menggunakan pendekatan *design-based research (DBR)* atau *mixed methods* untuk menguji efektivitas model secara komprehensif di berbagai jenjang pendidikan. Selain itu, eksplorasi pengaruh nilai Tamansiswa terhadap aspek afektif dan sosial dalam konteks pembelajaran digital perlu dikembangkan lebih lanjut. Dengan demikian, arah masa depan penelitian sebaiknya berfokus pada pengembangan model pembelajaran integratif berbasis budaya dan teknologi yang dapat diterapkan secara berkelanjutan untuk membentuk generasi pembelajar yang kreatif, kritis, dan berkarakter Indonesia.

Penelitian terdahulu masih bersifat tersegmentasi: sebagian fokus pada STEM-PBL, sebagian pada AR, dan sebagian hanya mengkaji nilai Tamansiswa secara filosofis. Belum ada penelitian yang secara eksplisit mengintegrasikan ketiganya ke dalam model konseptual berbasis empirical-design. Penelitian ini menawarkan sintesis baru melalui Model Pembelajaran Integratif Tamansiswa–STEM–AR–PBL, yang menempatkan teknologi sebagai sarana *human-tech synergy*, yakni kolaborasi antara kecerdasan ilmiah, karakter budaya, dan pemanfaatan teknologi interaktif. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini adalah penyusunan kerangka teoritis dan arah praktis pengembangan kurikulum berbasis budaya dan teknologi yang dapat diterapkan dalam pendidikan Indonesia secara berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil telaah literatur dan sintesis konseptual terhadap 14 artikel terkini (2017–2025) dari basis data nasional dan internasional, penelitian ini menemukan bahwa integrasi STEM-PBL telah terbukti efektif meningkatkan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan kolaborasi siswa secara konsisten. Teknologi Augmented Reality (AR) turut memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan motivasi, pemahaman konseptual, dan kemampuan visualisasi siswa terhadap konsep abstrak. Selain itu, filosofi Tamansiswa melalui ajaran *Tri-N* (Niteni–Nirokke–Nambahi) berperan sebagai fondasi humanistik yang menyeimbangkan kecerdasan kognitif dengan penguatan karakter.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada sintesis konseptual yang menggabungkan STEM-PBL, AR, dan ajaran Tamansiswa dalam satu kerangka model pembelajaran integratif, yang belum banyak dikaji secara empiris sebelumnya. Model hasil sintesis ini menawarkan paradigma human-tech synergy—yakni perpaduan antara inovasi teknologi dan nilai budaya pendidikan Indonesia—sebagai arah baru bagi pengembangan pembelajaran abad ke-21.

Namun, penelitian empiris yang menguji keempat elemen tersebut secara simultan masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan menggunakan pendekatan Design-Based Research (DBR) atau mixed methods untuk menguji efektivitas model integratif ini dalam berbagai konteks pendidikan. Dengan demikian, model konseptual yang diusulkan dapat berkembang menjadi desain pembelajaran yang aplikatif, berkelanjutan, dan siap diimplementasikan pada kurikulum nasional serta pengembangan LKPD digital berbasis AR berlandaskan nilai Tamansiswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa (UST) yang telah memberikan dana hibah untuk terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Stasolla *Et Al.*, "Deep Learning And Reinforcement Learning For Assessing And Enhancing Academic Performance In University Students: A Scoping Review," *Ai*, Vol. 6, No. 2, 2025, Doi: 10.3390/Ai6020040.
- [2] S. A. Taqiyyah, B. S. Subali, S. Linuwih, Ellianawati, Siswanto, And M. M. Bin M. Yusof, "Pengembangan Lkpd Berbasis Android Dengan Pendekatan Stem Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis," *J. Penelit. Pendidik. Ipa*, Vol. 9, No. 12, Pp. 11151–11164, 2023, Doi: 10.29303/Jppipa.V9i12.4595.
- [3] X. Cheng, J. Sun, And Aa. Zarifis, "Artificial Intelligence And Deep Learning In Educational Technology Research And Practice," *Br. J. Educ. Technol.*, Vol. 51, No. 6, Pp. 1837–1855, 2020, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1111/Bjet.13018>
- [4] F. Lafifa, D. Rosana, S. Suyanta, S. Nurohman, And S. R. Dwi Astuti, "Integrated Stem Approach To Improve 21st Century Skills In Indonesia: A Systematic Review," *Int. J. Stem Educ. Sustain.*, Vol. 3, No. 2, pp. 252–267, 2023, Doi: 10.53889/Ijses.V3i2.219.
- [5] E. Childs *Et Al.*, "An Overview Of Enhancing Distance Learning Through Emerging Augmented And Virtual Reality Technologies," *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph*, Vol. 30, No. 8, Pp. 4480–4496, 2024, Doi: 10.1109/Tvcg.2023.3264577.
- [6] R. Jiang, "Understanding, Investigating, And Promoting Deep Learning In Language Education: A Survey On Chinese College Students' Deep Learning In The Online EFL Teaching Context," *Front. Psychol.*, Vol. 13, 2022, Doi: 10.3389/Fpsyg..2022.955565.
- [7] V. B. Kovač, D. Nome, A. R. Jensen, And L. L. Skreland, "The Why, What, And How Of Deep Learning: Critical Analysis And Additional Concerns," *Educ. Inq.*, Vol. 16, No. 2, Pp. 237–253, 2025, Doi: 10.1080/20004508.2023.2194502.
- [8] Y. Lecun, Y. Bengio, And G. Hinton, "Deep Learning," *Nature*, Vol. 29, No. 7553, Pp. 1–73, 2019, [Online]. Available: <https://doi.org/10.1038/Nature14539>
- [9] E. Nimy, M. Mosia, And C. Chibaya, "Identifying At-Risk Students For Early Intervention—A Probabilistic Machine Learning Approach," *Appl. Sci.*, Vol. 13, No. 6, 2023, Doi: 10.3390/App13063869.
- [10] F. Naseer, M. N. Khan, M. Tahir, A. Addas, And S. M. H. Aejaz, "Integrating Deep Learning Techniques For Personalized Learning Pathways In Higher Education," *Heliyon*, Vol. 10, No. 11, P. E32628, 2024, Doi: 10.1016/J.Heliyon.2024.E32628.
- [11] C. Yuan, N. Xiao, Y. Pei, Y. Bu, And Y. Cai, "Enhancing Student Learning Outcomes Through AI-Driven Educational Interventions: A Comprehensive Study Of Classroom Behavior And Machine Learning Integration," *Int. Theory Pract. Humanit. Soc. Sci.*, Vol. 2, No. 2, Pp. 197–215, 2025, Doi: 10.70693/Itpss.V2i2.216.
- [12] N. P. Pertiwi, S. Saputro, S. Yamtinah, And A. Kamari, "Enhancing Critical Thinking Skills Through STEM Problem-Based Contextual Learning: An Integrated E-Module Education Website With Virtual Experiments," *J. Balt. Sci. education*, pp. 739–766, 2019, doi: <https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.739>.
- [13] L. Kiswari, S. Singgih, and A. Muhlisin, "STEM-Based LKPD Development and Contextual Problems to Improve Explanation, Concluding, and Evaluating Skills," *Phenom. J. Pendidik. MIPA*, vol. 12, no. 2, pp. 140–158, 2023, doi: 10.21580/phen.2022.12.2.12061.
- [14] A. Widyawati, Suyanta, H. Kuswanto, A. K. Prodjo Santoso, and T. M. Zhanbyrbaevna, "The Teachings of Tamansiswa (Niteni, Nirokke, Nambahi) Based Epbl-Stem: Is It Feasible To Improve Critical Thinking Skills and Science Verbal Representation?," *Rev. Gest. Soc. e Ambient.*, vol. 18, no. 7, pp. 1–18, 2024, doi: 10.24857/rgsa.v18n7-027.
- [15] Y. Zhang, M. A. Feijoo-Garcia, Y. Gu, V. Popescu, B. Benes, and A. J. Magana, "Virtual and Augmented Reality in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education: An Umbrella Review," *Inf.*, vol. 15, no. 9, 2024, doi: 10.3390/info15090515.
- [16] A. Suwito and B. Siswanto, "Development of STEM-based E-LKPD on substance pressure material to improve critical thinking skills of junior high school students," *Edusains*, vol. 15, 2023, [Online]. Available: <https://e-journal.iaim-palangkaraya.ac.id/index.php/edusains/article/view/4243>
- [17] S. Chauhan and S. U. Parihar, "Cutting-edge Tech Integration in Education and Teaching Practices," *Int. J. Eng. Manag. Res.*, vol. 15, pp. 127–136, 2025, doi: 10.5281/zenodo.15381892.
- [18] K. H. Dewantara. "Bagian Pertama: Pendidikan. Yogyakarta: Majelis Luhur Persatuan" Tamansiswa. 1936.
- [19] A. W. Prasetyo and D. S. Ningrum. "Implementasi Nilai-Nilai Tri-N dalam Pembelajaran Sains di Sekolah". *Jurnal Pendidikan dan Kebudayaan*. Vol. 15, No. 2, pp. 145–156. 2021
- [20] Y. S. Widodo and A. R. Utami. "STEM-PBL Worksheet Development to Improve Critical Thinking Skills," *International Journal of Science Education*, vol. 42, no. 3, pp. 215–230, 2020.
- [21] N. Fauziah and B. Rahmawati, "Implementation of STEM-PBL Model in Science Learning: A Systematic Review," *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, vol. 9, no. 4, pp. 512–525, 2020.
- [22] R. Firmansyah, S. Nurhayati, and M. Wibowo, "Augmented Reality-based Science Learning to Improve Concept Understanding," *Journal of Educational Technology*, vol. 14, no. 2, pp. 87–96, 2021.
- [23] D. S. Pramudita and R. Setyawati, "Revitalisasi Nilai Tri-N dalam Pembelajaran Era Digital," *Jurnal Filsafat dan Pendidikan*, vol. 18, no. 1, pp. 33–45, 2022.