MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS MASALAH DALAM PENDIDIKAN KONSERVASI: TINJAUAN SISTEMATIS INTEGRASI TEKNOLOGI DAN LUARAN PEMBELAJARAN

Elga Araina*, Silvita, Anggi Wulansari, Febby Rahmah Handayani

Prodi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Palangka Raya
Jl. Damang Salilah I, Palangka Raya, 73111

*Email: elga.araina@fkip.upr.ac.id

Abstrak

Isu konservasi lingkungan yang semakin mendesak menuntut inovasi dalam pendidikan biologi agar mampu membekali peserta didik dengan pemahaman masalah (*problem understanding*) sekaligus mendorong tindakan nyata terhadap kelestarian lingkungan (*green action*). Namun, sejauh mana model pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*) telah diintegrasikan dengan teknologi dalam konteks pendidikan konservasi masih belum dipetakan secara sistematis. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji secara sistematis model-model pembelajaran berbasis masalah yang digunakan dalam pendidikan konservasi, bentuk integrasi teknologi di dalamnya, serta dampaknya terhadap hasil belajar peserta didik. Penelitian menggunakan desain *systematic review* mengikuti kerangka PRISMA 2020, dengan sumber data dari basis data Scopus. Pencarian awal menghasilkan 225 artikel, setelah disaring berdasarkan jenis dokumen, tahun terbit (2016–2026), dan bahasa, terpilih 117 artikel untuk diskrining judul dan abstrak. Setelah proses skrining sistematis, 61 artikel dinyatakan relevan dan dianalisis secara tematik-deskriptif. Hasil kajian menunjukkan bahwa model *problem-based learning* dan variannya (*project-based, inquiry-based*) telah banyak diterapkan dalam pendidikan konservasi/lingkungan di berbagai jenjang dan konteks negara, namun integrasi teknologi ke dalamnya masih relatif terbatas, serta belum ditemukan model yang secara spesifik dikembangkan untuk konteks kawasan konservasi tertentu di Indonesia. Temuan ini memberikan landasan konseptual bagi pengembangan model pembelajaran biologi berbasis konservasi yang mengintegrasikan teknologi secara lebih utuh, serta berkontribusi terhadap pengembangan ilmu pendidikan biologi dan penguatan kesadaran konservasi di masyarakat, khususnya pada kawasan-kawasan yang memiliki nilai konservasi tinggi.

Kata kunci: integrasi teknologi, pendidikan biologi, pendidikan konservasi, problem-based learning, systematic review

Abstract

The increasingly urgent issue of environmental conservation demands innovation in biology education that equips learners with problem understanding while fostering meaningful green action toward environmental sustainability. However, the extent to which problem-based learning models have been integrated with technology within the context of conservation education has not yet been systematically mapped. This study aims to systematically review problem-based learning models applied in conservation education, the forms of technology integration involved, and their impact on students' learning outcomes. The study employed a systematic review design following the PRISMA 2020 framework, with data sourced from the Scopus database. An initial search yielded 225 articles, which, after filtering by document type, publication year (2016–2026), and language, resulted in 117 articles for title and abstract screening. Following systematic screening, 61 articles were deemed relevant and analyzed using descriptive-thematic synthesis. The findings reveal that problem-based learning and its variants (project-based, inquiry-based learning) have been widely applied in conservation/environmental education across various educational levels and country contexts, yet technology integration within these models remains relatively limited, with no model specifically developed for particular conservation area contexts in Indonesia identified. These findings provide a conceptual foundation for developing a conservation-based biology learning model that more comprehensively integrates technology, contributing to the advancement of biology education science and the strengthening of conservation awareness in society, particularly in areas of high conservation value.

***Keywords**: biology education, conservation education, problem-based learning, systematic review, technology integration*

PENDAHULUAN

Keanekaragaman hayati dunia menghadapi tekanan yang semakin berat akibat deforestasi, perburuan liar, alih fungsi lahan, dan perubahan iklim, yang secara langsung mengancam kelestarian

ekosistem termasuk kawasan-kawasan konservasi bernilai tinggi (Watson *et al*., 2018). Di Indonesia, ancaman ini terasa nyata pada kawasan seperti Taman Nasional Tanjung Puting, yang menjadi habitat orangutan dan spesies endemik lainnya namun terus menghadapi tekanan dari aktivitas ilegal dan alih fungsi lahan (Rahmawati, 2017). Kondisi ini menegaskan bahwa upaya konservasi tidak dapat hanya mengandalkan intervensi kebijakan dan penegakan hukum, tetapi juga memerlukan penguatan kesadaran dan kompetensi generasi muda melalui jalur pendidikan, khususnya pendidikan biologi.

Pendidikan biologi memiliki peran strategis dalam membentuk literasi ekologis dan kemampuan pemecahan masalah (*problem-solving*) peserta didik terhadap isu-isu lingkungan (Fajri *et al*., 2025; Nugroho *et al*., 2025; Yasma *et al*., 2026). Studi tinjauan sistematis sebelumnya yang dilakukan oleh peneliti menunjukkan bahwa isu konservasi telah banyak diintegrasikan ke dalam pembelajaran biologi untuk mendorong literasi ekologis dan keterampilan pemecahan masalah peserta didik. Namun, temuan tersebut juga mengindikasikan bahwa penguatan pemahaman masalah (*problem understanding*) saja belum cukup untuk mendorong perubahan perilaku nyata peserta didik terhadap lingkungan; diperlukan model pembelajaran yang secara eksplisit dirancang untuk menjembatani pemahaman masalah dengan tindakan nyata pelestarian lingkungan (*green action*).

Salah satu pendekatan yang secara teoretis relevan untuk menjembatani pemahaman masalah dengan green action adalah *problem-based learning* (PBL) dan variannya seperti *project-based learning* (PjBL) dan *inquiry-based* learning (Kalz *et al*., 2014; Tan *et al*., 2007). Model-model ini menempatkan peserta didik secara aktif dalam menghadapi masalah nyata (otentik), sehingga berpotensi tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual, tetapi juga mendorong keterampilan berpikir kritis dan sikap peduli lingkungan (Djordjevic *et al*., 2026; Karnoto *et al*., 2025). Di sisi lain, perkembangan teknologi pendidikan telah banyak dimanfaatkan untuk memperkaya pengalaman belajar peserta didik dalam berbagai disiplin ilmu, termasuk pendidikan lingkungan (Pino-Perdomo & Velásquez-Mosquera, 2026).

Meskipun demikian, sejauh mana model PBL telah diintegrasikan dengan teknologi secara spesifik dalam konteks pendidikan konservasi, serta bagaimana dampaknya terhadap hasil belajar peserta didik, masih belum dipetakan secara sistematis dalam literatur. Sebagian besar kajian terdahulu cenderung membahas PBL dan integrasi teknologi secara terpisah, atau berfokus pada konteks pendidikan lingkungan secara umum tanpa menyoroti secara khusus bagaimana kedua unsur tersebut dapat disinergikan untuk mendukung pendidikan konservasi (Rocha-Silva *et al*., 2024; Yani & Sapriati, 2026). Lebih lanjut, belum ditemukan kajian yang secara spesifik memetakan model-model tersebut dalam konteks kawasan konservasi tertentu, khususnya di Indonesia, yang memiliki karakteristik ekologis dan tantangan konservasi yang unik.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan tinjauan sistematis terhadap: (1) model-model *problem-based learning* yang telah diterapkan dalam pendidikan konservasi, (2) bentuk-bentuk integrasi teknologi yang digunakan dalam model-model tersebut, dan (3) dampaknya terhadap hasil belajar peserta didik. Hasil tinjauan ini diharapkan dapat memberikan sintesis komprehensif mengenai tren dan kesenjangan penelitian pada integrasi PBL dan teknologi dalam pendidikan konservasi, sekaligus menjadi landasan konseptual bagi pengembangan model pembelajaran biologi berbasis konservasi yang lebih kontekstual khususnya untuk kawasan-kawasan konservasi dengan karakteristik dan tantangan spesifik seperti Taman Nasional Tanjung Puting.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain *systematic review* (tinjauan sistematis) yang mengikuti kerangka PRISMA 2020 (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan proses identifikasi, penyaringan, dan sintesis literatur dilakukan secara transparan, sistematis, dan dapat direplikasi, sehingga menghasilkan gambaran komprehensif mengenai model-model *problem-based learning* dalam pendidikan konservasi beserta integrasi teknologi di dalamnya.

Sumber Data dan Strategi Pencarian

Data penelitian bersumber dari basis data Scopus, yang dipilih karena cakupan jurnal internasional bereputasi dan fitur pencarian yang memadai untuk kebutuhan tinjauan sistematis. Pencarian dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci yang mencakup tiga konsep utama, yaitu *problem-based learning*, *conservation education*, dan *technology integration*, dengan *search string* sebagai berikut: TITLE-ABS-KEY(("*problem-based learning*" OR "PBL" OR "*inquiry-based learning*" OR "*project-based learning*") AND ("*conservation education*" OR "*environmental education*" OR "*ecological literacy*" OR "*biodiversity education*") AND ("*technology integration*" OR "*digital learning*" OR "*educational technology*" OR "ICT-*based learning*" OR "*mobile learning*").

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Dokumen hasil pencarian awal kemudian disaring menggunakan kriteria seperti telihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

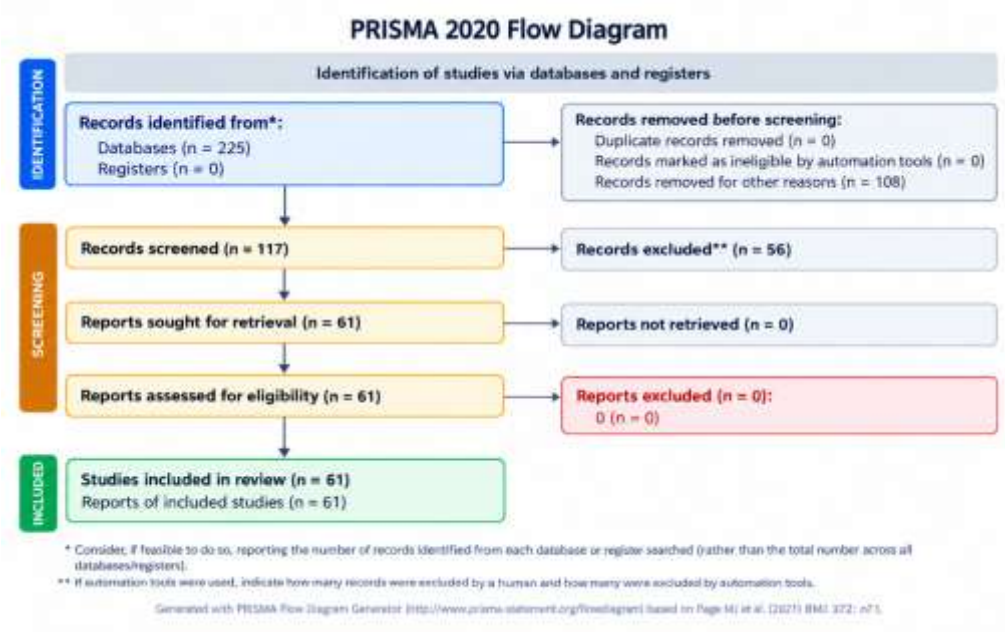
Kriteria	Inklusi	Eksklusi
Jenis Dokumen	Artikel Jurnal (*article*)	Prosiding konferensi, buku, *book chapter*, editorial
Tahun terbit	2016–2026	Di luar rentang tahun tersebut
Bahasa	Bahasa Inggris	Selain Bahasa Inggris
Topik	Membahas model *problem-based learning* (atau variannya: *inquiry-based*, *project-based*) dalam konteks pendidikan konservasi/lingkungan	Tidak membahas PBL atau tidak terkait pendidikan konservasi/lingkungan
Jenjang pendidikan	Pendidikan formal maupun non-formal yang berkaitan dengan pembelajaran konservasi	Konteks non-formal yang tidak berkaitan dengan proses pembelajaran
Fokus kajian	Melibatkan penerapan/pengembangan/evaluasi model pembelajaran	Artikel teoretis/opini tanpa penerapan empiris
Jenis studi	Penelitian empiris (kuantitatif, kualitatif, *mixed-methods*) atau tinjauan sistematis/literatur	Editorial, opini, abstrak konferensi tanpa data lengkap
Aksesibilitas	Teks lengkap dapat diakses	Teks lengkap tidak dapat diakses

Penerapan filter jenis dokumen, tahun terbit, dan bahasa pada tahap awal menyaring 225 dokumen menjadi 117 artikel yang selanjutnya diskrining berdasarkan judul dan abstrak.

Proses Seleksi

Proses seleksi dilakukan mengikuti alur PRISMA, yang terdiri atas empat tahap utama:

1. Identifikasi (*identification*) — pencarian basis data menghasilkan 225 dokumen, kemudian disaring berdasarkan jenis dokumen, tahun terbit, dan bahasa menjadi 117 dokumen.
2. Penyaringan (*screening*) — 117 dokumen diskrining berdasarkan judul dan abstrak menggunakan kriteria inklusi-eksklusi, menghasilkan 61 artikel yang dinyatakan relevan.
3. Kelayakan (*eligibility*) — 61 artikel yang lolos tahap *screening* selanjutnya dinilai kelayakannya melalui pembacaan teks lengkap (*full-text*), untuk memastikan kesesuaian dengan seluruh kriteria inklusi, termasuk ketersediaan data yang dapat diekstraksi.
4. Penyertaan (*included*) — artikel yang memenuhi seluruh kriteria pada tahap kelayakan dinyatakan sebagai studi akhir yang disertakan dalam sintesis.



Gambar 1. PRISMA Flow Diagram

Ekstraksi Data

Dari setiap artikel yang disertakan, data diekstraksi secara terstruktur meliputi: nama penulis dan tahun publikasi, negara/konteks penelitian, jenjang pendidikan, nama/jenis model *problem-based learning* yang diterapkan, bentuk integrasi teknologi, desain dan metode penelitian, jumlah dan karakteristik partisipan, serta hasil belajar yang diukur (misalnya literasi ekologis, sikap konservasi, keterampilan pemecahan masalah, atau perilaku pro-lingkungan).

Analisis Data

Data yang telah diekstraksi dianalisis menggunakan pendekatan sintesis tematik-deskriptif (*descriptive-thematic synthesis*). Artikel dikelompokkan berdasarkan kesamaan tema yang muncul, yaitu: (1) jenis model *problem-based learning* yang digunakan, (2) bentuk dan tingkat integrasi teknologi, serta (3) kategori hasil belajar yang dilaporkan. Pengelompokan tematik ini digunakan untuk mengidentifikasi pola, tren, serta kesenjangan (*gap*) dalam literatur yang menjadi dasar diskusi dan rekomendasi pengembangan model pembelajaran selanjutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Karakteristik Umum Studi

Dari 61 artikel yang memenuhi kriteria inklusi pada tahap penyaringan judul dan abstrak, seluruhnya (100%) berupa artikel jurnal (*article*) yang terindeks di Scopus. Distribusi tahun publikasi menunjukkan tren peningkatan yang signifikan dalam dua tahun terakhir: sebanyak 31 dari 61 artikel (±51%) diterbitkan pada rentang 2025–2026, sementara 30 artikel lainnya tersebar pada rentang 2016–2024. Tren ini mengindikasikan bahwa perhatian terhadap integrasi model pembelajaran berbasis masalah dalam pendidikan konservasi semakin meningkat belakangan ini, sejalan dengan semakin mendesaknya isu krisis lingkungan global.

Tabel 2. Varian Model

Varian Model	Jumlah Studi	Persentase (%)
Project-Based Learning (PjBL)	17	27,9
Problem-Based Learning (PBL)	12	19,7
Inquiry-Based Learning	7	11,5
Varian/kombinasi lain (mis. *service-learning*, pendekatan campuran)	25	41,0
Total	61	100

Temuan ini menunjukkan bahwa *project-based learning* merupakan varian yang paling banyak diterapkan secara eksplisit, diikuti oleh *problem-based learning* dalam bentuk klasiknya. Sementara itu, proporsi yang cukup besar (41%) merupakan studi yang mengombinasikan unsur PBL dengan pendekatan lain (seperti *service-learning*, pendekatan STEM, atau kombinasi strategi pedagogis), yang mengindikasikan fleksibilitas penerapan PBL dalam konteks pendidikan konservasi.

Integrasi Teknologi

Dari 61 studi yang dianalisis, hanya 17 studi (27,9%) yang secara eksplisit melaporkan integrasi teknologi ke dalam model pembelajaran berbasis masalah yang diterapkan. Temuan ini sejalan dengan beberapa kajian terdahulu yang juga melaporkan bahwa pemanfaatan teknologi digital dalam pembelajaran berbasis masalah untuk pendidikan lingkungan masih berada pada tahap berkembang, belum menjadi praktik yang arus utama (*mainstream*). Bentuk teknologi yang diintegrasikan ke dalam 17 studi tersebut cukup bervariasi. *Virtual reality* (VR) dan realitas 360° digunakan dalam beberapa studi untuk menghadirkan simulasi ekosistem yang sulit diakses secara langsung, seperti lahan basah (*wetland*) dan kawasan konservasi terpencil, sehingga peserta didik dapat memperoleh pengalaman belajar yang lebih imersif meskipun tanpa kunjungan lapangan secara fisik. *Augmented reality* turut dilaporkan dapat memperkuat pemahaman konsep ekologis yang abstrak dengan menghadirkan visualisasi interaktif di atas objek nyata. Selain itu, ditemukan pula pemanfaatan permainan edukatif berbasis GPS (*instructional geocaching*) yang mengombinasikan unsur permainan lokasi dengan pemecahan masalah lingkungan secara kontekstual di lapangan, sehingga mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam proses penyelidikan.

Pada ranah sensorik dan pengumpulan data, beberapa studi melaporkan penggunaan sensor elektronik untuk mendukung peserta didik dalam mengidentifikasi dan mengukur fenomena lingkungan secara langsung sebagai bagian dari proses penyelidikan berbasis masalah (Alarcon *et al*., 2025; Rajabova *et al*., 2026; Sudarmiani *et al*., 2026; Verangel, 2026). Perkembangan lebih lanjut ditunjukkan oleh pemanfaatan kecerdasan buatan, baik dalam bentuk *chatbot* yang mendukung proses pembelajaran terbalik (*flipped learning*) untuk literasi lingkungan, maupun algoritma *deep learning* yang diterapkan dalam proyek pembelajaran berbasis masalah untuk pengembangan literasi kelautan (Wang & Li, 2026).

Teknologi *geographic information system* (GIS) juga dilaporkan digunakan untuk memperkuat kemampuan berpikir kritis peserta didik dalam menganalisis data spasial terkait isu lingkungan. Di samping itu, simulasi digital terhadap sistem lingkungan (seperti siklus karbon, energi, nitrogen, dan air) turut dimanfaatkan sebagai elemen inti dalam desain pembelajaran berbasis masalah, serta platform pembelajaran daring sinkronus yang memungkinkan implementasi *project-based learning* tetap berjalan efektif dalam konteks pembelajaran jarak jauh (Ayu *et al*., 2025).

Meskipun variasi teknologi yang ditemukan cukup luas, sebagian besar studi (43 studi atau 70,5%) masih menerapkan model PBL secara konvensional tanpa komponen teknologi digital yang eksplisit, mengandalkan metode pembelajaran berbasis masalah yang lebih tradisional seperti diskusi kelompok, proyek lapangan manual, atau studi kasus tertulis. Dominasi studi tanpa komponen teknologi eksplisit ini mengindikasikan bahwa meskipun potensi teknologi untuk memperkaya pembelajaran berbasis masalah dalam pendidikan konservasi telah mulai diakui, pemanfaatannya secara sistematis dan terintegrasi masih menjadi area yang relatif kurang tergarap dalam literatur yang ada.

Hasil Belajar yang Dilaporkan

Secara umum, hasil belajar yang menjadi fokus pengukuran dalam studi-studi yang direview dapat dikategorikan ke dalam beberapa domain: (1) literasi ekologis dan pengetahuan lingkungan, (2) keterampilan berpikir (berpikir kritis, pemecahan masalah, *scientific writing*), (3) sikap dan kesadaran konservasi (*environmental awareness*, *pro-environmental behavior*), serta (4) kompetensi tindakan (*action competence*) dan motivasi belajar. Model PBL dan variannya secara konsisten dilaporkan memberikan dampak positif terhadap domain-domain tersebut, meskipun intensitas dan jenis dampaknya bervariasi tergantung pada desain studi, jenjang pendidikan, dan konteks implementasi.

Kesenjangan Konteks Geografis dan Tematik

Studi-studi yang direview tersebar di berbagai konteks negara (antara lain Indonesia, Turki, Spanyol, Ethiopia, Jepang, Yunani, dan beberapa negara Eropa serta Afrika lainnya), namun tidak ditemukan satu pun studi yang secara spesifik mengembangkan model PBL terintegrasi teknologi untuk konteks kawasan konservasi tertentu di Indonesia, seperti taman nasional. Studi yang paling mendekati konteks tersebut adalah penelitian mengenai literasi kelautan berbasis *deep learning* dan genomik di wilayah pesisir Indonesia, namun studi tersebut tidak secara khusus menyasar kawasan konservasi darat seperti taman nasional.

Pembahasan

Tren Peningkatan Perhatian terhadap PBL dalam Pendidikan Konservasi

Meningkatnya jumlah publikasi pada rentang 2025–2026 (51% dari seluruh studi yang direview) mengindikasikan bahwa isu integrasi model pembelajaran aktif dengan pendidikan konservasi menjadi perhatian yang semakin signifikan dalam komunitas akademik pendidikan sains dan biologi. Tren ini sejalan dengan semakin mendesaknya isu krisis iklim dan kehilangan keanekaragaman hayati secara global (Dinerstein *et al*., 2019), yang mendorong para pendidik dan peneliti untuk mencari pendekatan pembelajaran yang tidak hanya bersifat kognitif, tetapi juga mampu membentuk kesadaran dan tindakan nyata peserta didik terhadap lingkungan (Frankel-Goldwater, 2022).

Dominasi Project-Based Learning dan Variasi Pendekatan

Temuan bahwa *project-based learning* menjadi varian yang paling banyak diterapkan (27,9%) dapat dipahami mengingat karakteristik PjBL yang menekankan pada produk nyata (*tangible outcome*) dari proses belajar, yang relevan dengan konteks konservasi di mana peserta didik dapat terlibat langsung dalam proyek-proyek nyata seperti restorasi ekosistem, kampanye kesadaran lingkungan, atau penelitian lapangan sederhana (Buchanan *et al*., 2019). Besarnya proporsi studi dengan pendekatan kombinasi (41%) juga menunjukkan bahwa dalam praktiknya, batas antara PBL, PjBL, dan *inquiry-based learning* seringkali tidak kaku, melainkan saling melengkapi dalam desain pembelajaran yang kontekstual terhadap isu konservasi.

Integrasi Teknologi: Masih Menjadi Area yang Kurang Tergarap

Temuan paling krusial dari tinjauan ini adalah masih terbatasnya integrasi teknologi dalam model-model PBL untuk pendidikan konservasi, yaitu hanya kurang dari sepertiga studi (27,9%) yang secara eksplisit melibatkan komponen teknologi digital. Padahal, teknologi seperti *virtual reality*, kecerdasan buatan, dan *geographic information system* telah terbukti mampu memperkaya pengalaman belajar dengan menghadirkan simulasi realistis terhadap fenomena lingkungan yang sulit diakses secara langsung, seperti ekosistem laut dalam atau kawasan konservasi yang terpencil (Istiana *et al*., 2021; Kumbo *et al*., 2023). Kesenjangan ini menegaskan adanya peluang besar untuk mengembangkan model pembelajaran berbasis masalah yang secara lebih utuh mengintegrasikan teknologi, bukan sekadar sebagai alat bantu visualisasi, tetapi sebagai komponen inti yang memperkuat proses pemahaman masalah (*problem understanding*) peserta didik.

Kesenjangan Kontekstual: Peluang bagi Model Spesifik Kawasan Konservasi Indonesia

Tidak ditemukannya studi yang secara spesifik mengembangkan model PBL terintegrasi teknologi untuk kawasan konservasi tertentu di Indonesia merupakan kesenjangan paling signifikan yang teridentifikasi dalam tinjauan ini. Sebagian besar model yang direview bersifat generik terhadap isu lingkungan/konservasi secara umum, tanpa mempertimbangkan karakteristik ekologis, sosial, dan tantangan konservasi yang unik pada suatu kawasan tertentu. Padahal, kawasan seperti Taman Nasional Tanjung Puting memiliki kompleksitas isu konservasi tersendiri, mulai dari ancaman terhadap populasi orangutan, kebakaran lahan gambut, hingga konflik pemanfaatan lahan, yang memerlukan model pembelajaran yang dirancang secara kontekstual agar peserta didik dapat memahami permasalahan secara autentik dan relevan dengan konteks lokal mereka (Rahmawati, 2017).

Implikasi terhadap Pengembangan Model Pembelajaran

Berdasarkan temuan di atas, tinjauan ini mengidentifikasi tiga kesenjangan utama yang menjadi dasar urgensi pengembangan model pembelajaran baru: (1) masih terbatasnya integrasi teknologi dalam model PBL untuk pendidikan konservasi, (2) minimnya model yang secara eksplisit menjembatani pemahaman masalah (*problem understanding*) dengan tindakan nyata pelestarian lingkungan (*green action*) sebagai satu kesatuan utuh, dan (3) belum adanya model yang dirancang secara spesifik untuk konteks kawasan konservasi tertentu di Indonesia. Ketiga kesenjangan ini secara langsung melandasi urgensi pengembangan model pembelajaran biologi berbasis konservasi yang mengintegrasikan pemahaman masalah, teknologi, dan inovasi secara utuh untuk mendorong tindakan nyata pelestarian lingkungan khususnya pada konteks kawasan konservasi seperti Taman Nasional Tanjung Puting.

SIMPULAN

Tinjauan sistematis terhadap 61 artikel (dari 225 dokumen awal, mengikuti PRISMA 2020) menunjukkan bahwa model *problem-based learning* dan variannya telah banyak diterapkan dalam pendidikan konservasi, dengan *project-based learning* sebagai varian paling dominan (27,9%). Namun, integrasi teknologi ke dalam model-model tersebut masih terbatas (hanya 27,9% studi), dan belum ditemukan model yang dirancang secara spesifik untuk konteks kawasan konservasi tertentu di Indonesia, seperti Taman Nasional Tanjung Puting.

Temuan ini menegaskan adanya kesenjangan dalam hal integrasi teknologi dan kontekstualisasi model pembelajaran terhadap kawasan konservasi spesifik, sekaligus menjadi landasan konseptual bagi pengembangan model pembelajaran biologi berbasis konservasi yang mengintegrasikan pemahaman masalah, teknologi, dan tindakan nyata pelestarian lingkungan secara utuh. Penelitian ini berkontribusi terhadap pengembangan keilmuan pendidikan biologi serta menjadi rujukan bagi pendidik dan peneliti dalam merancang pembelajaran yang mendukung penguatan kesadaran konservasi generasi muda.

Penelitian ini memiliki keterbatasan, yakni pencarian literatur hanya mencakup satu basis data (Scopus) dan sintesis dilakukan secara deskriptif-tematik tanpa meta-analisis kuantitatif. Penelitian lanjutan disarankan memperluas basis data dan mengembangkan model pembelajaran berbasis konservasi yang mengintegrasikan teknologi secara utuh untuk konteks Taman Nasional Tanjung Puting.

DAFTAR PUSTAKA

Alarcon, D. A. U., Talavera-Mendoza, F., & Paucar, F. H. R. (2025). Evaluation of the serious game ABCCI: Usability and gamification in teacher training for science education and environmental sustainability. *IEEE Access*, *13*, 90601–90611. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3569258

Ayu, H. D., Jufriadi, A., & Pratiwi, H. Y. (2025). Transformation of critical thinking in environmental education: integration of project-based learning and technology. *Online Learning In Educational Research*, *5*(1), 95–112. https://doi.org/10.58524/oler.v5i1.598

Buchanan, J., Pressick-Kilborn, K., & Maher, D. (2019). Promoting environmental education for primary school-aged students using digital technologies. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *15*(2). https://doi.org/10.29333/ejmste/100639

Dinerstein, E., Vynne, C., Sala, E., Joshi, A. R., Fernando, S., Lovejoy, T. E., …. Wikramanayake, E. (2019). A global deal for nature: Guiding principles, milestones, and targets. *Science Advances*, *5*(4), Article eaaw2869. https://doi.org/10.1126/sciadv.aaw2869

Djordjevic, I., Jovanovic, S., Markovic, M., Andjelkovic, S., Prnjat, Z., Matović, S., & Valjarević, A. (2026). Project-based learning in geography and its impact on developing students' values, attitudes and pro-environmental behavior. *Sustainability (Switzerland)*, *18*(2). https://doi.org/10.3390/su18020725

Fajri, S. R., Citrawathi, D. M., Adnyana, P. B., Arnyana, I. B. P., Sarnita, F., Fajri, N., & Fitriani, H. (2025). The strategic role of conservation education in efforts to improve biodiversity literacy: a systematic review. *Journal of Turkish Science Education*, *22*(2), 374–392. https://doi.org/10.36681/tused.2025.019

Frankel-Goldwater, L. (2022). Social responsibility and the world of nature: an interdisciplinary environmental studies course for inspiring whole system thinking and environmental citizenship. *Journal of Environmental Studies and Sciences*, *12*(1), 114–132. https://doi.org/10.1007/s13412-021-00720-2

Istiana, R., Rahmayanti, H., & Sumargo, B. (2021). Marine environmental education learning system recommendation model based on student needs analysis in Indonesian coastal areas. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, *16*(5), 2236–2247. https://doi.org/10.18844/cjes.v16i5.6305

Kalz, M., Firssova, O., Borner, D., Ternier, S., Prinsen, F., Rusman, E., …. Specht, M. (2014). Mobile inquiry-based learning for sustainability education in secondary schools. *Proceedings - IEEE 14th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2014*, 644–646. https://doi.org/10.1109/ICALT.2014.189

Karnoto, B. K., Dwiyanto, D., & Arsyad, M. (2025). The impact of project-based learning on students' science literacy and environmental awareness: a comprehensive review. *Journal of Pedagogi*, *2*(5), 95–106. https://doi.org/10.62872/80h4ry59

Kumbo, L., Mero, R. F., & Hayuma, B. J. (2023). Navigating the digital frontier: innovative pedagogies for effective technology integration in education. *The Journal of Informatics*, *3*(1), 14–33. https://doi.org/10.59645/tji.v3i1.142

Nugroho, U. E., Nugroho, A. S., Hayat, M. S., & Patonah, S. (2025). Bridging sustainability and pedagogy: a narrative review of education for sustainable development (ESD) implementation in Indonesian science education. *Prisma Sains : Jurnal Pengkajian Ilmu Dan Pembelajaran Matematika Dan IPA IKIP Mataram*, *13*(2), 348. https://doi.org/10.33394/j-ps.v13i2.15116

Pino-Perdomo, F. M., & Velásquez-Mosquera, A. F. (2026). Digital technologies in environmental education: Implications for teacher education and professional development. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *22*(1). https://doi.org/10.29333/ejmste/17673

Rahmawati, R. (2017). Upaya Penyelamatan orangutan Kalimantan dari kepunahan di Taman Nasional Tanjung Puting. *Journal of Chemical Information and Modeling*, *53*(9), 1689–1699.

Rajabova, N., Aboukila, A. F., Yodgorov, U., Abdulkhairova, F., Karimov, M., Toshev, S., Karimova, Z., Aminov, B., Rakhimov, N., Suyunov, B., ... Gaybullaev, S. (2026). The eco-decision spiral model for intensive environmental education. *Discover Sustainability*, *7*(1). https://doi.org/10.1007/s43621-026-03687-8

Rocha-Silva, A., Matos, S., Gabriel, R., Moura-Arroz, A., Sousa, D., Piasentin, F., & Amorim, I. R. (2024). The field guide audio series: mobile learning using place-based and inquiry-led approaches to promote adolescents' interest in nature. *Environmental Education Research*, *30*(6), 941–963. https://doi.org/10.1080/13504622.2023.2216406

Sudarmiani, S., Trilaksana, A., Parji, P., Haryaningtyas, H., & Ningsih, T. Z. (2026). GRASPS Framework effects on environmental concern and critical thinking in tech-enhanced project-based learning. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, *25*(6), 23–47. https://doi.org/10.26803/ijlter.25.6.2

Tan, N., Chen, W., Looi, C.-K., Zhang, B., Seow, P., Chan, A., Chung, T. M., & Oh, T. T. (2007). Handheld computers as cognitive tools: An environmental learning project in Singapore. *15th International Conference on Computers in Education: Supporting Learning Flow through Integrative Technologies, ICCE 2007*, 377–384. https://www.scopus.com/pages/publications/84863116300?origin=resultslist

Verangel, G. V. (2026). Enhancing undergraduate students' understanding of environmental concepts through digital learning materials. *International Journal of Information and Education Technology*, *16*(5), 1245–1251. https://doi.org/10.18178/ijiet.2026.16.5.2593

Wang, X., & Li, X. (2026). Designing a flipped AI-chatbot learning module to support students' environmental literacy development: A fuzzy delphi method. *PLOS ONE*, *21*(3). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0345027

Watson, J. E. M., Evans, T., Venter, O., Williams, B., Tulloch, A., Stewart, C., ..… Lindenmayer, D. (2018). The exceptional value of intact forest ecosystems. *Nature Ecology & Evolution*, *2*(4), 599–610. https://doi.org/10.1038/s41559-018-0490-x

Yani, A., & Sapriati, A. (2026). Development of an interactive E module based on Bugis Makassar wedding ethnobotany for plant diversity conservation education. *Discover Education*, *5*(1). https://doi.org/10.1007/s44217-026-01349-5

Yasma, Suwono, H., & Rahayu, S. E. (2026). Enhancing environmental literacy and argumentation skills: Developing a PjBL-based interactive e-module integrating local ecological issues. *Edubiotik : Jurnal Pendidikan, Biologi Dan Terapan*, *11*(01), 13–28. https://doi.org/10.33503/ebio.v11i01.2744