

ECO-DIGITAL INQUIRY* BERBASIS AI: TRANSFORMASI PEMBELAJARAN IPA UNTUK MENINGKATKAN HOTS DAN *SCHOOL WELLBEING

Amalia Rahma Laila Zulfikar

SMP Negeri 1 Gembong

amalia.rahma956@guru.smp.belajar.id

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya kemampuan *Higher Order Thinking Skills* (HOTS) dan belum optimalnya *school wellbeing* murid dalam pembelajaran IPA yang didominasi pendekatan konvensional. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penerapan model *Eco-Digital Inquiry* berbasis kecerdasan artifisial (AI) dalam meningkatkan HOTS dan *school wellbeing* murid pada pembelajaran IPA. Metode yang digunakan adalah Penelitian Tindakan Kelas (PTK) dua siklus pada murid kelas VII SMP Negeri 1 Gembong. Data dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif menggunakan uji N-Gain serta *Paired Sample t-test*. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pada rata-rata HOTS murid dari 62 (prasiklus) menjadi 84 (siklus I) dan mencapai 92 (siklus II) dengan N-Gain 0,79 (kategori tinggi). Skor *school wellbeing* juga meningkat dari rata-rata 37,5 (pra siklus) menjadi 49,8 (siklus I) dan mencapai 63,8 (siklus II) dengan N-Gain 0,62 (kategori sedang). Uji t menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,05$ pada seluruh variabel. Disimpulkan bahwa model *Eco-Digital Inquiry* berbasis AI mampu mentransformasikan pembelajaran menjadi lebih interaktif, meningkatkan HOTS, dan memperbaiki *school wellbeing* murid secara signifikan.

Kata Kunci: *eco-digital inquiry*, kecerdasan artifisial, HOTS, *school wellbeing*, transformasi pembelajaran IPA.

Abstract

This research is motivated by the low level of Higher Order Thinking Skills (HOTS) and suboptimal school wellbeing among students in Science learning, which was dominated by conventional approaches. This study aims to examine the effectiveness of the Artificial Intelligence (AI)-based Eco-Digital Inquiry model in enhancing students' HOTS and school wellbeing in science learning. The method employed was Classroom Action Research (CAR) conducted in two cycles involving seventh-grade students at SMP Negeri 1 Gembong. Data were analyzed using descriptive qualitative and quantitative methods, including the N-Gain score and paired sample t-test. The results indicated a significant increase in students' average HOTS scores, rising from 62 (pre-cycle) to 84 (Cycle I) and reaching 92 (Cycle II), with an N-Gain of 0.79 (high category). School wellbeing scores also improved from an average of 37.5 (pre-cycle) to 49.8 (Cycle I) and 63.8 (Cycle II), with an N-Gain of 0.62 (moderate category). The t-test results showed a significance value of $p < 0.05$ for all variables. It was concluded that the AI-based Eco-Digital Inquiry model could transform science learning into a more interactive experience, significantly enhances HOTS, and improves students' school wellbeing.

Keywords: *eco-digital inquiry*, artificial intelligence, HOTS, school wellbeing, transformation of science learning.

PENDAHULUAN

Pembelajaran abad ke-21 menuntut murid untuk tidak hanya menguasai pengetahuan faktual, tetapi juga memiliki kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*) dan kesejahteraan psikologis (*school wellbeing*) sebagai prasyarat tercapainya keterlibatan dan pembelajaran yang bermakna serta berkelanjutan. HOTS yang mencakup kemampuan analisis, evaluasi, dan kreasi, merupakan instrumen krusial bagi murid dalam menghadapi kompleksitas masalah lingkungan dan sains kontemporer (Hoferichter, dkk., 2021). Dalam Kurikulum Merdeka, pembelajaran diharapkan berpusat pada murid dan kontekstual sehingga mendukung pengembangan kompetensi dan karakter secara holistik (Rahmadani, dkk., 2024).

Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) memiliki potensi besar untuk melatih HOTS melalui pengalaman nyata bagi murid dalam menganalisis dan memecahkan permasalahan yang terjadi pada lingkungan sekitar (Zulfikar, dkk., 2023). Integrasi konteks ekologi dalam IPA terbukti meningkatkan relevansi materi sehingga mendorong keterlibatan dan kepedulian murid terhadap lingkungan (Yusuf dan Salsabila, 2023).

Peluang ini semakin terbuka dengan hadirnya perkembangan teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) yang membawa transformasi signifikan dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan (Supriadi, dkk., 2022). Hal ini juga sejalan dengan penelitian Luthfi (2025), dimana AI menawarkan peningkatan efektivitas dan efisiensi pada sistem pendidikan.

Namun, realitas di lapangan menunjukkan adanya kesenjangan yang tajam. Hasil observasi di SMP Negeri 1 Gembong menunjukkan bahwa pembelajaran masih didominasi oleh metode konvensional, yang

berimplikasi pada rendahnya kemampuan HOTS murid, dimana hanya sekitar 36% murid yang mencapai kategori tinggi. Sementara sebagian besar murid masih berada pada level memahami dan mengingat. Kondisi ini diperparah dengan rendahnya *school wellbeing* yang ditandai dengan kurangnya keterlibatan aktif dan rendahnya rasa percaya diri murid selama proses eksplorasi ilmiah.

Kesenjangan tersebut tidak terlepas dari belum optimalnya pengintegrasian AI dalam pembelajaran. AI cenderung digunakan secara terbatas sebagai alat bantu, bukan sebagai bagian integral yang mendorong eksplorasi dan berpikir kritis murid (Luckin dan Holmes, 2016). Selain itu, pemilihan model pembelajaran yang tepat menjadi faktor penting bagi keberhasilan guru dalam efektivitas pembelajaran IPA (Sari dan Fitria, 2019). Model pembelajaran berbasis *inquiry* memberikan kesempatan kepada murid untuk menyelidiki proses belajar secara ilmiah, sehingga dapat meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) melalui analisis dan pemecahan masalah nyata karena menempatkan murid sebagai subjek aktif dalam proses pembelajaran (Kamdi, dkk., 2022). Hal tersebut juga didukung oleh penelitian Larasati dan Hanafi (2025), dimana pengintegrasian *inquiry* dan isu berkelanjutan lingkungan (*ecological awareness*) dapat dijadikan dasar konsep *eco-inquiry* dalam pembelajaran pencemaran lingkungan.

Melalui perspektif teoritis, meskipun model *inquiry learning* dan *eco-learning* telah marak diteliti, keduanya seringkali berkembang secara terpisah tanpa dukungan teknologi digital yang mumpuni untuk meningkatkan kesejahteraan emosional dalam satu desain terpadu (Kamdi dkk., 2022; Kadarisman dan Pursitasari,

2023; Leal dkk., 2025). Sebagian besar penelitian terdahulu masih berfokus pada hasil belajar kognitif, sementara penelitian yang menyentuh aspek *school wellbeing* (kenyamanan belajar, keterlibatan emosional, dan kepuasan belajar murid) dan isu pencemaran lokal berbasis kesadaran ekologis masih sangat terbatas (Vikram, dkk., 2023; Leal dkk., 2025).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan model ***Eco-Digital Inquiry*** berbasis AI dalam pembelajaran IPA. Kebaruan (*novelty*) terletak pada *integrasi inquiry*, kesadaran ekologis, dan AI dalam satu desain pembelajaran untuk meningkatkan HOTS sekaligus *school wellbeing* murid. Model ini memosisikan AI sebagai *scaffolding* kognitif dalam kerangka inkuiri terstruktur yang berorientasi pada solusi masalah lingkungan lokal. Kecerdasan emosional dan motivasi belajar disinergikan sebagai basis pengembangan HOTS dan *school wellbeing* secara simultan (Bazar dkk., 2024). Melalui pendekatan ini, murid dipandu untuk mengidentifikasi masalah nyata, mengeksplorasi data lingkungan dengan bantuan AI, serta merancang solusi kolaboratif yang bermakna (Hasanah, 2025).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penerapan model *Eco-Digital Inquiry* berbasis kecerdasan artifisial (AI) dalam meningkatkan HOTS dan *school wellbeing* murid pada pembelajaran IPA. Secara spesifik, penelitian ini memiliki rumusan masalah: (1) mendeskripsikan penerapan model *Eco-Digital Inquiry* berbasis AI dalam pembelajaran IPA; (2) menganalisis peningkatan kemampuan HOTS murid; dan (3) menganalisis dampak model tersebut terhadap peningkatan *school wellbeing* murid. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi pendidik dalam

mentransformasikan pembelajaran digital yang humanis sekaligus menjadi referensi kebijakan pendidikan yang relevan dengan dinamika abad ke-21, salah satunya yaitu mendukung integrasi teknologi dan pendekatan pembelajaran yang berpusat pada murid.

METODE

Penelitian ini menggunakan desain Penelitian Tindakan Kelas (PTK) model Kemmis dan McTaggart yang meliputi tahap perencanaan (*planning*), pelaksanaan tindakan (*action*), observasi (*observation*), dan refleksi (*reflection*) (Kemmis dkk., 2014; Siregar, 2025). Penelitian ini dilaksanakan dalam dua siklus di SMP Negeri 1 Gembong pada semester genap tahun pelajaran 2025/2026 dengan subjek 28 murid kelas VII A yang memiliki karakteristik heterogen dalam kemampuan akademik dan latar belakang sosial.

Instrumen penelitian terdiri atas tes HOTS pada LKPD berbasis masalah, angket *school wellbeing*, dan lembar observasi. LKPD HOTS disusun berdasarkan indikator analisis (C4), evaluasi (C5), serta kreasi (C6) berisi pernyataan kontekstual dan terstruktur terdiri dari 8 bagian, dimana setiap bagiannya memiliki rentang skor 1-4. Angket *school wellbeing* digunakan untuk mengukur 4 aspek afektif murid: kenyamanan belajar; keterlibatan; hubungan sosial; dan persepsi terhadap pembelajaran.

Pengisiannya menggunakan skala bertingkat (*rating scale*) 1-5. Adapun lembar observasi digunakan untuk meninjau keterlaksanaan model pembelajaran *Eco-Digital Inquiry* berbasis AI secara prosedural.

Model *Eco-Digital Inquiry* berbasis AI diterapkan melalui lima tahapan yaitu orientasi masalah berbasis konteks lingkungan (*eco-orientation*); merumuskan pertanyaan dan hipotesis

(*problem formulation*); observasi dan pengumpulan data berbantuan AI (*eco-exploration*); investigasi inkuiri (*digital inquiry*); refleksi pembelajaran (*critical reflection*); perencanaan solusi (*eco-action*). Murid bekerja secara berkelompok dengan memanfaatkan perangkat digital dan aplikasi AI untuk mengeksplorasi masalah pencemaran lingkungan serta merancang solusi.

Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Peningkatan HOTS dan *school wellbeing* dianalisis menggunakan persentase, uji N-Gain, dan *Paired Sample t-test*. Data observasi digunakan untuk mendeskripsikan keterlaksanaan pembelajaran dan aktivitas murid sebagai dasar refleksi pada setiap siklus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

1. Transformasi Pembelajaran melalui *Eco-Digital Inquiry* berbasis AI

Transformasi pembelajaran dimulai dengan tahap perencanaan (*planning*) yang matang, peneliti menyusun perangkat pembelajaran berbasis model *Eco-Digital Inquiry berbantuan AI*, meliputi modul ajar, instrumen penilaian HOTS, angket *school wellbeing*, dan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran IPA pada materi pencemaran lingkungan.

Tahap pelaksanaan tindakan (*action*) merupakan implementasi dari rancangan yang telah disusun, yaitu pelaksanaan pembelajaran IPA menggunakan model *Eco-Digital Inquiry berbasis AI*. Pada tahap ini, murid terlibat aktif dalam eksplorasi masalah lingkungan nyata serta pemanfaatan teknologi AI untuk analisis data dan diskusi kolaboratif.

Berdasarkan hasil observasi (*observation*) yang dilakukan secara sistematis, terlihat adanya pergeseran signifikan dari pembelajaran yang awalnya berpusat pada guru dan pasif

pada tahap pra siklus, menjadi lebih interaktif pada siklus I meskipun masih terkendala faktor teknis. Transformasi mencapai titik optimal pada siklus II, di mana murid mampu secara aktif merancang solusi atas masalah lingkungan dan guru sepenuhnya berperan sebagai fasilitator.

Seluruh proses ini kemudian ditutup dengan tahap refleksi (*reflection*) untuk mengevaluasi data kualitatif maupun kuantitatif, guna mengidentifikasi perbaikan yang diperlukan agar pembelajaran selanjutnya semakin efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi serta kesejahteraan psikologis murid.

2. Peningkatan HOTS melalui *Digital Scaffolding* pada LKPD

Hasil peningkatan rata-rata, N-gain, dan uji t yang dilakukan pada hasil LKPD HOTS *Eco-Digital Inquiry* berbasis AI dapat dilihat pada Tabel 1, 2, dan 3.

Tabel 1. Hasil Rata-Rata Tiap Siklus

Tahap	Rata-rata Nilai	Kategori	Ketuntasan (%)
Pra Siklus	62	Rendah	36
Siklus I	84	Tinggi	86
Siklus II	92	Sangat Tinggi	93

Tabel 2. Hasil Uji N-Gain

Perbandingan	N-Gain	Persentase	Kategori
Pra → Siklus I	0,58	58%	Sedang
Pra → Siklus II	0,79	79%	Tinggi

Tabel 3. Hasil Uji t Berpasangan

Tahap	Selisih Mean	t hitung	t tabel ($\alpha=0,05$)	Sig. (2-tailed)
Pra → Siklus I	22	6,85	2,05	0,000
Pra → Siklus II	30	9,72	2,05	0,000

Peningkatan kemampuan HOTS murid terpantau signifikan melalui pengerjaan LKPD yang menuntut analisis data lingkungan lokal. Pada pra siklus, hanya 36% murid yang tuntas, meningkat menjadi 86% pada siklus I, dan mencapai 93% pada akhir siklus II. Secara statistik, uji *Paired Sample t-test* menghasilkan nilai $p = 0,000$ ($p < 0,05$), yang menegaskan bahwa terdapat perbedaan nyata pada kemampuan berpikir kritis murid.

Berdasarkan analisis N-Gain, penerapan model *Eco-Digital Inquiry* berbasis AI tidak hanya meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS) berupa analisis, evaluasi, dan kreasi, tetapi juga memberikan dampak nyata terhadap ketuntasan belajar murid secara klasikal, meskipun belum mencapai 100% karena adanya faktor keterbatasan individu.

Hasil analisis seperti pada Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pra siklus dan siklus I dengan nilai t hitung sebesar 6,85 yang lebih besar dari t tabel (2,05). Selanjutnya, pada perbandingan pra siklus dan siklus II diperoleh nilai t hitung sebesar 9,72 yang juga lebih besar dari t tabel. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan hasil belajar murid setelah penerapan model *Eco-Digital Inquiry* berbasis AI bersifat signifikan secara statistik.

3. Kontribusi Model terhadap *School Wellbeing* Murid

Selain HOTS, peningkatan juga terjadi pada aspek *school wellbeing* murid yang diukur melalui angket. Hasilnya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Peningkatan *School Wellbeing*

Tahap	Skor Rata-rata	Kategori	Ketuntasan (%)
Pra Siklus	37,5	Sedang	46,9
Siklus I	49,8	Sedang	62,3
Siklus II	63,8	Tinggi	79,8

Data pada Tabel 4 menunjukkan adanya peningkatan skor *wellbeing* murid secara bertahap. Rata-rata naik dari kategori sedang ke tinggi. Peningkatan terbesar terjadi pada siklus II. Murid menjadi lebih aktif, percaya diri, dan menunjukkan keterlibatan yang lebih tinggi dalam proses pembelajaran. Hal ini menunjukkan bahwa model *Eco-Digital Inquiry* berbasis AI mampu meningkatkan kenyamanan, keterlibatan, dan persepsi positif murid.

Tabel 5. Hasil Uji *Paired Sample t-Test*

Perbandingan	Rata-rata 1	Rata-rata 2	t hitung	Sig. (p-value)
Pra Siklus vs Siklus I	37,5	49,8	-73,04	0,000
Siklus I vs Siklus II	49,8	63,8	-76,88	0,000
Pra Siklus vs Siklus II	37,5	63,8	-107,65	0,000

Pada aspek kenyamanan belajar, murid awalnya belum sepenuhnya merasa aman dan nyaman, namun pada siklus II mereka menunjukkan rasa percaya diri dan lingkungan belajar yang lebih suportif. Aspek keterlibatan mengalami peningkatan yang paling menonjol, dari kondisi awal yang pasif menjadi aktif dalam diskusi, bertanya, dan menyelesaikan tugas. Pada aspek hubungan sosial, interaksi antar murid dan dengan guru semakin positif, ditandai dengan kerja sama dan saling menghargai yang lebih baik. Sementara itu, pada aspek persepsi terhadap pembelajaran, murid mulai memandang pembelajaran sebagai kegiatan yang menyenangkan, bermakna, dan relevan dengan kehidupan nyata, terutama dengan adanya pemanfaatan teknologi berbasis AI.

Berdasarkan Tabel 5 hasil uji *paired sample t-test*, seluruh perbandingan antar siklus menunjukkan nilai

signifikansi $p < 0,05$. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat peningkatan *school wellbeing* murid yang signifikan pada setiap tahap pembelajaran. Dengan demikian, penerapan model pembelajaran *Eco-Digital Inquiry* berbasis AI terbukti efektif dalam meningkatkan *school wellbeing* murid, dimana tidak hanya hasil belajar yang meningkat, tetapi juga kualitas pengalaman belajar murid.

Pembahasan

Keberhasilan model *Eco-Digital Inquiry* berbasis AI dalam menjawab permasalahan rendahnya HOTS dan *school wellbeing* murid dikonfirmasi melalui lembar observasi yang menunjukkan keterlaksanaan seluruh sintaks inkuiri secara optimal, dimana teori inkuiri menekankan pentingnya keterlibatan aktif murid dalam membangun pengetahuan (Kamdi dkk., 2022).

Integrasi tahapan model *Eco-Digital Inquiry* terbukti memfasilitasi transformasi peran murid dari penerima informasi pasif menjadi pembelajar aktif yang kritis dan berdaya melalui enam tahapan berikut:

1. Orientasi Masalah Berbasis

Konteks Lingkungan (Eco-Orientation)

Pada tahap awal ini, murid dihadapkan pada isu-isu pencemaran lingkungan nyata di sekitar sekolah. Pengenalan konteks lokal ini berhasil membangun rasa keterikatan (*relevance*) dan memicu empati ekologis murid, sehingga meningkatkan aspek kenyamanan dan ketertarikan awal dalam belajar (Anjarsari, dkk., 2025).

2. Merumuskan Pertanyaan dan Hipotesis (Problem Formulation)

Murid dilatih untuk merumuskan rumusan masalah dan hipotesis ilmiah terkait isu lingkungan yang ditemukan. Tahap ini mengasah kemampuan berpikir kritis tingkat awal (analisis C-4) dengan menuntut murid

mengidentifikasi variabel-variabel utama penyebab permasalahan lingkungan sekitar.

3. Observasi dan Pengumpulan Data Berbantuan AI (Eco-Exploration)

Pada tahap ini, teknologi AI diintegrasikan sebagai *digital scaffolding* yang membantu murid membedah kompleksitas data lapangan dan mentransformasikan informasi abstrak menjadi konsep yang terstruktur dalam pengerjaan LKPD. Hal ini sejalan dengan penelitian Luna, dkk., (2026), bahwa pemanfaatan AI secara dialogis memperluas *Zone of Proximal Development* (ZPD) murid dan meningkatkan kualitas pembelajaran melalui dukungan personalisasi dan eksplorasi.

Observasi perilaku juga menunjukkan bahwa keberhasilan menyelesaikan tantangan digital dalam LKPD memberikan dampak pada kepuasan emosional. Hal ini mengkonfirmasi teori bahwa lingkungan belajar yang inovatif dan suportif secara teknologi dapat mengurangi beban kognitif yang berlebihan dan meningkatkan kesejahteraan emosional murid (Leal, dkk., 2025).

4. Investigasi Inkuiri (Digital Inquiry)

Melalui pengerjaan LKPD interaktif berbasis masalah, murid memvalidasi hipotesis dan mengevaluasi data menggunakan platform digital dan kecerdasan artifisial. Proses investigasi mendalam ini menstimulasi kemampuan evaluasi (C5) dan analisis kritis yang berdampak langsung pada kenaikan skor HOTS hingga mencapai kategori “Tinggi” (N-Gain 0,79) (Rahmatilah dkk., 2024).

5. Refleksi Pembelajaran (Critical Reflection)

Murid diajak mengevaluasi secara kritis hasil investigasi dan pengalaman belajar yang telah dialami melalui pengisian angket. Data angket menunjukkan peningkatan dengan nilai

N-Gain sebesar 0,62 (kategori sedang). Tahap refleksi ini memperkuat pemahaman metakognitif sekaligus memberi ruang bagi murid untuk mengutarakan pandangan, perasaan, dan kendala yang dihadapi, sehingga memperkokoh interaksi sosial dan kepuasan belajar (*school wellbeing*) (Husamah, dkk., 2025).

6. Perencanaan Solusi (*Eco-Action*)

Murid berkolaborasi merancang proyek atau solusi aplikatif (kreasi-C6) untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan yang dipelajari sebagai puncak pembelajaran. Pengalaman menghasilkan produk/solusi nyata ini mampu memberikan rasa pemberdayaan (*empowerment*), meningkatkan kepercayaan diri, dan menumbuhkan rasa kepemilikan (*sense of accomplishment*) murid terhadap proses pembelajarannya.

Peningkatan nilai HOTS dari rata-rata 62 menjadi 92 serta skor *school wellbeing* dari 37,5 menjadi 63,8 membuktikan bahwa pengintegrasian sintaks inkuiri ekologis terfasilitasi AI ini menciptakan keseimbangan antara pencapaian kognitif dan kesejahteraan psikologis murid secara efektif.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan adanya transformasi pembelajaran IPA yang signifikan, dari yang semula berpusat pada guru (*teacher-centered*) menjadi berpusat pada murid (*student-centered*), dari pasif menjadi interaktif dan kolaboratif, serta dari pembelajaran yang abstrak menjadi kontekstual dan bermakna. Dengan demikian, *Eco-Digital Inquiry* berbasis AI dapat menjadi model pembelajaran inovatif yang relevan dengan tuntutan pendidikan abad ke-21 dan Kurikulum Merdeka.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan beberapa hal berikut.

1. Penerapan model *Eco-Digital Inquiry* berbasis AI berhasil mentransformasi pembelajaran IPA dari pola berpusat pada guru menjadi berpusat pada murid yang interaktif dan kontekstual melalui tahapan *eco-orientation* hingga *eco-action*. Integrasi AI dalam model ini terbukti efektif sebagai *scaffolding* kognitif yang memudahkan murid dalam mengeksplorasi isu lingkungan global dan lokal secara mendalam.
2. Terjadi peningkatan kemampuan HOTS murid yang signifikan secara statistik ($p = 0,000$), dengan kenaikan rata-rata nilai dari 62 pada pra siklus menjadi 92 pada siklus II. Efektivitas peningkatan ini berada pada kategori tinggi dengan nilai N-Gain sebesar 0,79.
3. Tidak hanya pada aspek kognitif, kredibilitas data yang menunjukkan peningkatan *school wellbeing* murid secara konsisten mengalami peningkatan bertahap dari kategori sedang (skor 37,5) menjadi kategori tinggi (skor 63,8) pada akhir siklus II. Hal ini ditandai dengan meningkatnya keterlibatan aktif, rasa percaya diri, dan persepsi positif murid terhadap lingkungan belajar yang didukung teknologi AI. Efektivitas peningkatan ini berada pada kategori sedang dengan nilai N-Gain sebesar 0,62.

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, beberapa saran berikut disusun untuk mendukung optimalisasi transformasi pembelajaran IPA serta menjadi acuan bagi penelitian selanjutnya.

1. Bagi Guru: Mengedukasi etika penggunaan AI dan integritas akademik agar teknologi digunakan sebagai alat bantu berpikir kritis (*thinking tool*), bukan sarana plagiarisme.
2. Bagi Kepala Sekolah: Mendukung melalui kebijakan penyediaan

- perangkat digital yang memadai serta pelatihan berkelanjutan mengenai pemanfaatan AI generatif bagi guru.
3. Bagi Peneliti: Mengkaji lebih mendalam strategi diferensiasi dalam *digital inquiry* untuk memastikan ketuntasan belajar maksimal dan dampak jangka panjang literasi digital.

DAFTAR PUSTAKA

- Anjarsari, I., Suharini, E., & Widiyatmoko, A. 2025. Penggunaan Media Berbasis AI untuk Menumbuhkan Peduli Lingkungan Sejak Dini Terhadap Sampah: The Use of AI-Based Media to Foster Environmental Care From an Early Age Against Waste. *Indonesian Journal of Early Childhood: Jurnal Dunia Anak Usia Dini*, 7(2), 352-360.
- Bazar, J. S., Arabejo, A. J. D., Reyes, M. R., & Baluyos, G. R. 2024. Students' wellbeing and level of motivation towards science learning in relation to their academic achievement. *EduLine: Journal of Education and Learning Innovation*, 4(1), 182-195.
- Hasanah, K. 2025. *Systematic Review: Penerapan Kecerdasan Buatan (AI) Dalam Pembelajaran IPA Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Literasi Sains*. *Edukimbiosis: Jurnal Pendidikan IPA*, 4(1), 26-34. <https://doi.org/10.35905/edukimbiosis.v4i1.15118>
- Hoferichter F, Kulakow S and Hufenbach MC. 2021. *Support From Parents, Peers, and Teachers Is Differently Associated With Middle School Students' Well-Being*. *Front. Psychol.* 12:758226. doi: 10.3389/fpsyg.2021.758226
- Husamah, H., Azizah, J., Permana, T. I., Setyaningrum, Y., & Hindun, I. 2025. Promoting environmental literacy for prospective teacher: How does Scopus AI illustrate valuable lessons from Indonesia?. *Jurnal Pendidikan Profesi Guru*, 6(3), 87-97. <https://doi.org/10.22219/jppg.v6i3.43569>
- Kadarisman, I., & Pursitasari, I. D. 2023. *Eco-literacy in science learning: A review and bibliometric analysis*. *Jurnal Pendidikan Indonesia Gemilang*, 3(2), 134-148.
- Kamdi, N. A., Rochintaniawati, D., & Prima, E. C. 2022. Efektivitas Web Based Inquiry Learning pada Materi Pencemaran Lingkungan dalam Konteks Education Sustainable Development untuk Meningkatkan Kemampuan Berinkuiri dan Kepedulian Lingkungan Murid. *Journal of Science Education*, 6(3), 733-738. <https://doi.org/10.33369/pendipa.6.3.733-738>
- Kemmis, S., McTaggart, R., & Nixon, R. 2014. *The Action Research Planner: Doing Critical Action Research*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-4560-67-2>
- Larasati, D. A., & Hanafi, N. B. M. 2026. Eco-Lokal Inquiry (Eco-Li): Integrating Global Environmental Sustainability With Tengger Indigenous Ecological Knowledge. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 10(1). <https://doi.org/10.22437/jiituj.v10i1.52605>
- Leal Filho, W., Kim, E., Borsatto, J. M. L. S., & Marcolin, C. B. 2025. Using artificial intelligence in sustainability teaching and learning. *Environmental Sciences Europe*, 37(1), 124.
- Luna Carmeno, N., Domingos, T., & O'Neill, D. W. 2026. The impacts

- of artificial intelligence on environmental sustainability and human well-being. *arXiv e-prints*, arXiv-2602.
- Luckin, R., & Holmes, W. 2016. Intelligence unleashed: An argument for AI in education.
- Luthfi, M. A. 2025. Pengembangan Literasi AI Hijau: Pendekatan Pedagogis Untuk Penggunaan AI yang Bertanggung Jawab dan Berkelanjutan di Sekolah. *Jurnal el Makrifah*, 2(2), 285-299.
- Rahmadani, P. D., Jati, D. H., & Pratama, E. A. 2024. Implementasi Kurikulum Merdeka: Meningkatkan Sistem Pendidikan Indonesia?. *Journal of Information Systems and Management (JISMA)*, 3(2), 1-4.
- Rahmatilah, M. I., Madawistama, S. T., & Kurniawan, D. 2024. Peningkatan higher order thinking skills (HOTS) melalui penguatan kecerdasan emosional murid. *Jurnal Kajian Penelitian Pendidikan Dan Kebudayaan*, 2(3), 232-241.
- Sari, R., & Fitria, W. 2019. Penerapan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Hasil Belajar IPA Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 8(1), 1-7
- Siregar, T. 2025. Classroom action research-based learning innovations: Kemmis and McTaggart models.
- Supriadi, S. R. R. P., Haedi, S. U., & Chusni, M. M. 2022. Inovasi pembelajaran berbasis teknologi Artificial Intelligence dalam Pendidikan di era industry 4.0 dan society 5.0. *Jurnal Penelitian Sains Dan Pendidikan (JPSP)*, 2(2), 192-198.
- Vikram, M., et al. 2023. Development of Inquiry-Based Teaching Materials on Environmental Pollution. *Jurnal Paedagogy (SINTA)*.
<https://doi.org/10.33394/jp.v10i4.8781>
- Yusuf, I. R., & Salsabila, S. 2023. Pengaruh Model Problem Based Learning Terhadap Kemampuan Berpikir Kritis Pada Materi Ekologi. Diklabio: *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Biologi*, 49-55.
- Zulfikar, A. R. L., Rahayu, S., & Savitri, E. N. 2023, July. Peningkatan kemampuan retensi dan motivasi murid melalui penerapan model guided context-PBL pada materi ekologi di Kelas VII H SMP Negeri 3 Semarang. *In Proceeding Seminar Nasional IPA*.