

PEMBELAJARAN ADAPTIF BERBASIS KECERDASAN BUATAN DAN *ECO-FRIENDLY SCHOOL* PADA PAUD: INTEGRASI TEKNOLOGI DAN KECINTAAN LINGKUNGAN SEJAK USIA DINI

Chaliza Anshary

Universitas Dharmawangsa, Medan

E-mail: chaliza_Anshary@dharmawangsa.ac.id

ABSTRAK

Dua inovasi yang selama ini berjalan di jalur yang berbeda, pembelajaran adaptif berbasis AI dan pendidikan lingkungan melalui *eco-friendly school*, sesungguhnya menyimpan semangat pedagogis yang sama: penghormatan terhadap keunikan setiap anak dan keyakinan bahwa belajar yang bermakna harus terjadi melalui pengalaman nyata. Kajian ini mempertemukan keduanya dalam konteks PIAUD Indonesia, dengan nilai-nilai Islam sebagai tali pengikat. Melalui pendekatan studi literatur konseptual-integratif, ditemukan bahwa: AI adaptif yang paling efektif adalah yang meningkatkan kemampuan guru memahami anak, bukan yang menggantikan interaksi manusiawi; interaksi langsung anak dengan alam secara konsisten menghasilkan dampak perkembangan yang jauh melampaui pendekatan kelas konvensional; dan kerangka Islam justru memperkaya keduanya dengan dimensi spiritual dan etis yang tidak dimiliki pendekatan sekuler. Kajian merekomendasikan model kurikulum PIAUD terpadu yang menempatkan alam sebagai laboratorium utama, AI sebagai alat asesmen yang selektif, dan tauhid sebagai fondasi yang memberi makna pada segalanya.

Kata Kunci: AI pembelajaran adaptif; *eco-friendly school*; kecerdasan buatan; PAUD; pendidikan lingkungan Islam

ABSTRACT

Two innovations that have long traveled separate paths, AI-based adaptive learning and environmental education through eco-friendly schools, actually share the same pedagogical spirit: respect for each child's uniqueness and the conviction that meaningful learning must occur through real experience. This study brings them together in the Indonesian PIAUD context, with Islamic values as the binding thread. Through a conceptual-integrative literature study, the findings show that: the most effective adaptive AI is one that enhances teachers' ability to understand children, not one that replaces human interaction; children's direct interaction with nature consistently produces developmental impacts far exceeding conventional classroom approaches; and the Islamic framework actually enriches both with spiritual and ethical dimensions absent from secular approaches. The study recommends an integrated PIAUD curriculum model that places nature as the primary laboratory, AI as a selective assessment tool, and tawhid as the foundation that gives meaning to everything.

Keywords: *adaptive AI learning; eco-friendly school; artificial intelligence; PAUD; Islamic environmental education*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Ada dua kenyataan yang sama-sama terbukti secara ilmiah namun tampak saling bertentangan dalam praktik pendidikan anak usia dini saat ini. Kenyataan pertama: setiap anak belajar dengan ritme, gaya, dan konteksnya sendiri yang unik, dan sistem yang bisa merespons keunikan itu akan jauh lebih efektif dari sistem satu ukuran untuk semua. Kenyataan kedua: interaksi langsung dengan alam, dengan tanah, tumbuhan, air, serangga, dan cuaca, adalah salah

satu stimulus perkembangan anak paling kuat yang tersedia, dan generasi anak hari ini justru adalah generasi yang paling jauh dari alam dalam sejarah manusia.

Steenbergen-Hu et al. (2023) membuktikan lewat eksperimen yang kini menjadi klasik bahwa murid yang mendapatkan tutoring individual rata-rata mengungguli 98 persen murid yang belajar dalam kelas biasa. Selama puluhan tahun, temuan ini tetap menjadi cita-cita yang tidak terjangkau secara ekonomis. Kecerdasan buatan kemudian hadir dengan janji yang menarik: memberikan pengalaman belajar yang dipersonalisasi kepada setiap anak secara bersamaan, tanpa perlu menambah rasio guru. Pertanyaannya adalah: apakah janji itu bisa dipegang? Dan pada kondisi seperti apa?

Di sisi lain, Richard Louv (2019) memperkenalkan istilah *nature-deficit disorder* untuk menggambarkan kumpulan konsekuensi yang ditanggung anak-anak yang tumbuh terputus dari alam: gangguan perhatian yang meningkat, stres yang tidak terurai, obesitas, dan kreativitas yang menyusut. Tillmann et al. (2022) menemukan bahwa anak-anak yang tinggal di lingkungan dengan lebih banyak elemen alam menunjukkan kemampuan perhatian dan pemecahan masalah yang lebih baik. Kuo et al. (2022) mensintesis 150 penelitian dan menyimpulkan bahwa paparan alam meningkatkan kemampuan kognitif, motivasi, dan kreativitas anak, dengan efek paling kuat justru pada anak usia dini.

Pada permukaannya, AI adaptif dan *eco-friendly school* terlihat seperti dua pendekatan yang tidak ada kaitannya. Satu berbicara tentang algoritma dan data, satu lagi tentang tanah dan tanaman. Padahal jika dicermati lebih jauh, keduanya lahir dari kegelisahan yang sama terhadap sistem pendidikan yang terlalu lama memandangi semua anak seolah-olah identik. Baik AI adaptif maupun pembelajaran berbasis alam sama-sama berpijak pada satu keyakinan: bahwa belajar yang sungguh-sungguh terjadi ketika ia relevan bagi si anak, tumbuh dari pengalaman langsungnya, dan tidak dipaksakan melalui satu jalur tunggal yang sama untuk semua. Ketika keduanya diterapkan dengan benar dan penuh kesadaran pedagogis, hasilnya bukan sekadar anak yang lebih cerdas secara akademis, melainkan anak yang tumbuh lebih lengkap sebagai pribadi.

Bagi lembaga PIAUD, ada satu dimensi yang tidak boleh terlewat. Islam memiliki tradisi yang sangat kaya dalam memahami keunikan manusia, *kull nafs in bima kasabat* (setiap jiwa bertanggung jawab atas apa yang diusahakannya), dan dalam menempatkan alam sebagai ayat-ayat Allah yang harus dibaca, dipahami, dan dijaga. Marzuki & Pambudi (2022) menegaskan bahwa relasi manusia dengan alam (*habluminal-alam*) adalah salah satu dari tiga dimensi relasi fundamental dalam Islam. Ini bukan soal tambahan kurikulum; ini soal identitas.

Rumusan Masalah

Tiga pertanyaan menjadi fokus kajian ini. Pertama, bagaimana pembelajaran adaptif berbasis AI dapat dipahami dalam kerangka teori perkembangan anak, dan dalam kondisi apa ia bermanfaat, dan dalam kondisi apa ia justru berbahaya, bagi anak usia dini? Kedua, apa yang sesungguhnya terjadi ketika anak-anak diizinkan belajar bersama alam, dan mengapa interaksi langsung dengan alam begitu kuat dampaknya? Ketiga, bagaimana kedua pendekatan ini dapat diintegrasikan dalam kerangka kurikulum PIAUD yang berpijak pada nilai-nilai Islam?

METODE

Kajian ini menggunakan metode studi literatur dengan pendekatan konseptual-integratif, yakni bukan sekadar merangkum apa yang sudah diketahui, melainkan secara aktif mempertemukan dua tradisi penelitian yang selama ini berjalan secara paralel untuk menghasilkan sintesis yang lebih kaya dari masing-masingnya.

Sumber data mencakup tiga kategori yang saling melengkapi. Pertama, literatur tentang AI dalam pendidikan, mencakup jurnal seperti *Computers & Education*, *British Journal of Educational Technology*, dan laporan lembaga seperti OECD, UNESCO, serta Holmes Center for Education Research. Kedua, literatur tentang pendidikan berbasis alam, mencakup karya-karya foundational Kellert & Linnaeus (2023), Louv (2019), dan Pyle & Danniels (2021), serta penelitian-penelitian empiris yang lebih baru. Ketiga, literatur pendidikan Islam yang relevan,

termasuk sumber-sumber Qurani dan pemikiran ulama kontemporer tentang hubungan Islam dan lingkungan.

Analisis dilakukan dalam dua tahap: analisis internal, mengidentifikasi asumsi, temuan kunci, dan batas dari masing-masing tradisi, dilanjutkan dengan analisis komparatif-integratif yang mencari titik konvergensi, perbedaan, dan peluang sinergi antara keduanya dalam konteks PIAUD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian I: Pembelajaran Adaptif Berbasis AI , Antara Janji dan Kenyataan

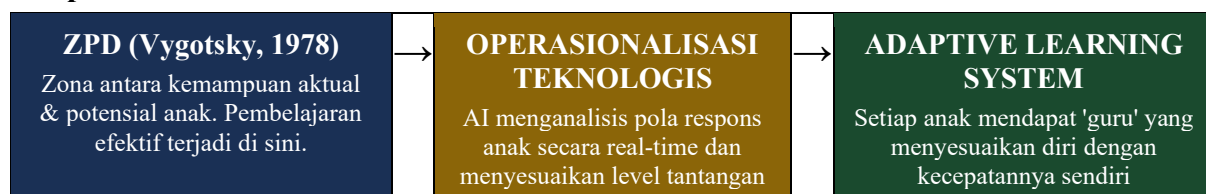
1. Akar Teoretis: Sebelum Ada AI, Sudah Ada ZPD

Untuk memahami pembelajaran adaptif berbasis AI secara jujur, kita perlu kembali ke dua teori yang menjadi pondasinya. Piaget (1970) mengajarkan bahwa anak membangun pengetahuannya sendiri melalui proses asimilasi dan akomodasi, ia bukan wadah kosong yang diisi, melainkan pelaku aktif yang terus-menerus menguji, merevisi, dan merekonstruksi pemahamannya tentang dunia.

Vygotsky (1978) menambahkan dimensi sosial yang krusial: proses konstruksi pengetahuan itu paling efisien terjadi di dalam apa yang ia sebut *Zone of Proximal Development* (ZPD), zona antara apa yang sudah mampu dilakukan anak sendiri dan apa yang bisa dicapainya dengan bimbingan yang tepat dari seseorang yang lebih kompeten. Di sinilah konsep *scaffolding* lahir: bukan memberi ikan, melainkan menopang sementara anak belajar memancing.

Sistem pembelajaran adaptif berbasis AI adalah upaya untuk mengoperasionalkan konsep ZPD secara teknologis. Alih-alih bergantung pada intuisi guru tentang di mana ZPD setiap anak berada, yang dalam kelas berisi 20 anak terpaksa bersifat perkiraan, sistem AI mengumpulkan data respons setiap anak, menganalisis pola secara real-time, dan menyesuaikan level tantangan secara dinamis. Alevan et al. (2023) dalam meta-analisisnya menemukan bahwa Intelligent Tutoring Systems menghasilkan peningkatan sebesar 0,76 standar deviasi dibanding instruksi kelas konvensional. Signifikan, tapi masih jauh dari tutoring manusia yang terampil, yang menghasilkan 2,0 standar deviasi.

Bagan 1. Perjalanan Konseptual: Dari ZPD Vygotsky hingga Sistem Pembelajaran Adaptif AI



Sumber: Dikembangkan penulis berdasarkan Vygotsky (1978), Piaget (1970), Alevan et al. (2023), dan Holmes & Tuomi (2022)

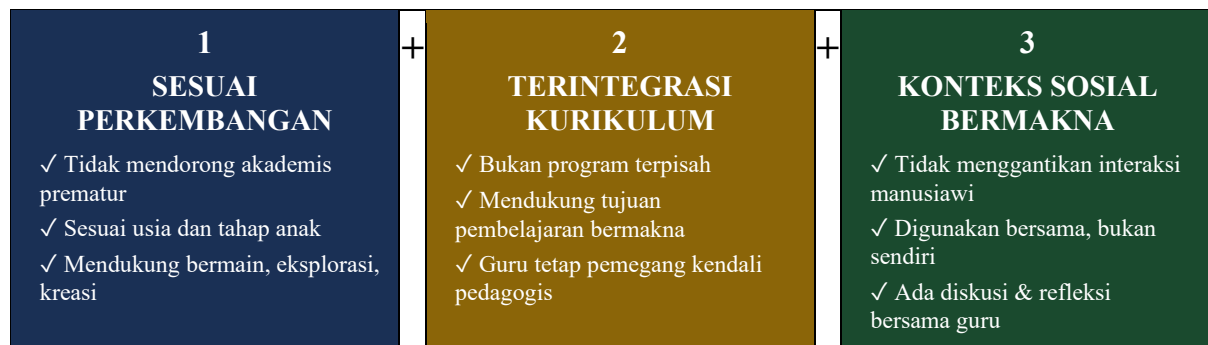
2. Peluang Nyata dan Batas yang Tidak Boleh Disilangkan

Suryana & Hijriani (2022) mendokumentasikan tantangan nyata yang dihadapi guru PAUD Indonesia: satu guru untuk 15-20 anak dengan tingkat kemampuan yang sangat beragam, waktu terbatas untuk asesmen individual, dan tekanan administratif yang mengurangi waktu pedagogis. Di sinilah AI bisa benar-benar membantu, bukan sebagai guru pengganti, melainkan sebagai asisten yang membebaskan guru untuk fokus pada apa yang hanya bisa dilakukan manusia: hadir secara emosional, menjadi model akhlak, dan merespons dengan empati.

Namun ada batas yang tidak boleh disilangkan. NAEYC (2022) menetapkan tiga syarat yang harus dipenuhi sebelum teknologi apapun, termasuk AI, digunakan di PAUD: ia harus sesuai dengan perkembangan anak, terintegrasi dalam kurikulum yang lebih luas, dan digunakan dalam konteks interaksi sosial yang bermakna. Suyadi & Selvi (2021) menambahkan bahwa otak anak usia dini bekerja dalam mode 'asosiasi bebas' yang sangat responsif terhadap pengalaman multisensori dan interaksi emosional hangat, sesuatu yang tidak bisa direplikasi oleh sistem AI manapun saat ini.

Luckin & Cukurova (2019) merumuskan prinsip yang paling tepat: AI terbaik dalam pendidikan bukan yang menggantikan guru, melainkan yang menjadikan guru lebih mampu memahami setiap muridnya. Dalam konteks PAUD, ini berarti AI menjadi alat bantu asesmen, bukan alat pengajaran utama. Dan Crompton & Burke (2023) mengingatkan bahwa efektivitas teknologi selalu bergantung pada kualitas desain pedagogis yang menaunginya.

Bagan 2. Tiga Syarat NAEYC untuk Penggunaan AI yang Bertanggung Jawab di PAUD



Sumber: Diadaptasi dari NAEYC (2022), Luckin & Cukurova (2019), dan Crompton & Burke (2023)

Tabel 1. Potensi dan Batas Penggunaan AI Adaptif dalam Konteks PAUD/PIAUD

Fungsi AI di PAUD	Potensi Konkret	Batas yang Tidak Boleh Dilupakan	Level Risiko
Asesmen perkembangan real-time	Memantau 20+ anak secara bersamaan; mendeteksi kebutuhan individual lebih awal	Data tidak menangkap dimensi sosial-emosional dan spiritual; butuh interpretasi guru	Sedang
Personalisasi konten latihan	Menyediakan soal/cerita yang tepat level untuk masing-masing anak	Jangan jadi alasan kurangi kurikulum berbasis pengalaman dan bermain	Rendah jika dikelola
Dukungan literasi dini	Aplikasi pengenalan huruf/angka yang adaptif dan menyenangkan	Maksimal 20-30 mnt/hari; tidak sebelum usia 3 tahun; wajib didampingi	Sedang-Tinggi
Pemantauan kemajuan belajar	Laporan perkembangan otomatis untuk guru dan orang tua	Labeling dini berbasis data bisa stigmatisasi jika disalahgunakan	Tinggi jika tanpa kebijakan
Aksesibilitas inklusi	Dukungan lebih personal untuk anak berkebutuhan khusus	Tetap butuh guru pendamping manusiawi; AI bukan pengganti terapi	Sedang
Stimulasi bahasa & kosakata	Aplikasi storytelling interaktif yang responsif terhadap respons anak	Tidak bisa menggantikan membacakan buku oleh guru/orang tua yang hangat	Rendah

Sumber: Diolah dari Holmes & Tuomi (2022), Aleven et al. (2023), NAEYC (2022), Luckin & Cukurova (2019)

Bagian II: *Eco-friendly School* , Ketika Alam Menjadi Guru

1. Mengapa Otak Anak Membutuhkan Alam

E.O. Kellert & Linnaeus (2023) menggambarkan apa yang ia sebut *biophilia*, kecenderungan bawaan manusia untuk tertarik dan terhubung dengan organisme dan sistem hidup lainnya. Ini bukan sekadar selera estetika. Ini adalah produk jutaan tahun evolusi dalam lingkungan alam yang baru sangat belakangan ini digantikan oleh aspal, beton, dan layar. Otak manusia, termasuk otak anak yang sedang berkembang, pada tingkat yang sangat fundamental masih dirancang untuk memproses, belajar dari, dan merasa nyaman di lingkungan alam.

McCormick (2023) membandingkan dua kelompok anak prasekolah Norwegia: satu bermain di lingkungan alam yang beragam (hutan, bukit, bebatuan), satu di taman bermain konvensional. Hasilnya jelas: kelompok alam mengembangkan kemampuan motorik, kreativitas, dan konsentrasi yang secara signifikan lebih baik. Yang menarik, lingkungan yang tidak 'tertata' dan tidak 'aman' itu justru lebih stimulatif: ketidakterdugaannya memaksa anak berimprovisasi dan berpikir kreatif.

Chawla (2020) menanyakan pertanyaan yang berbeda: bukan 'apa yang alam lakukan untuk anak sekarang?' melainkan 'apa yang pengalaman di alam semasa kecil lakukan untuk kepedulian lingkungan di masa dewasa?' Jawabannya konsisten: pengalaman positif di alam semasa kecil adalah prediktor terkuat kepedulian lingkungan di masa dewasa, jauh lebih kuat dari pendidikan lingkungan formal.

Sobel (2020) mengingatkan satu hal penting yang sering dilupakan: anak di bawah 11 tahun tidak siap secara perkembangan untuk menerima informasi tentang krisis lingkungan global, kepunahan, pencemaran, perubahan iklim. Mendorong informasi ini terlalu dini bisa menciptakan *ecophobia*, rasa takut dan tidak berdaya yang justru kontraproduktif. Yang tepat untuk anak usia dini adalah membangun kecintaan dan keterhubungan dengan alam terdekat dulu: semut di halaman, pohon di pekarangan, hujan yang jatuh. Dari kecintaan yang nyata dan personal inilah kepedulian akan tumbuh secara organik.

Bagan 3. Piramida Dampak Interaksi Anak dengan Alam (dari Paling Kuat ke Paling Lemah)

KECINTAAN & KEPEDULIAN LINGKUNGAN (Dewasa) , Prediktor terkuat kepedulian lingkungan jangka panjang		
EKSPRESI & TINDAKAN , Anak merespons, merawat, dan melindungi alam		
REFLEKSI & PEMAHAMAN , Anak mulai menghubungkan pengalaman dengan makna		
EKSPLORASI TIDAK LANGSUNG , Buku, gambar, cerita tentang alam		
INTERAKSI LANGSUNG , Menyentuh, mencium, mengamati alam secara nyata (PALING KUAT)		

Sumber: Dikembangkan penulis berdasarkan Pyle & Danniels (2021), Chawla (2020), dan Sobel (2020)

2. *Eco-friendly School*: Bukan Soal Estetika, Ini Soal Pedagogis

Kuo et al. (2022) mendokumentasikan dalam studi yang melibatkan 150 sekolah di 12 negara bagian Amerika bahwa sekolah-sekolah yang menggunakan lingkungan sebagai konteks terintegrasi pembelajaran, yang mereka sebut *Environment as an Integrating Context* (EIC), menunjukkan peningkatan motivasi, keterlibatan, dan prestasi yang signifikan. Yang

penting: bukan karena lingkungan itu 'menarik secara estetis', melainkan karena ia memberikan konteks nyata bagi abstraksi yang diajarkan di kelas.

Pyle & Danniels (2021) membedakan tiga tingkat interaksi anak dengan alam, langsung, tidak langsung, dan simbolis, dan menemukan bahwa interaksi langsunglah yang dampaknya paling kuat pada seluruh dimensi perkembangan. Ini adalah argumen yang paling kuat untuk *eco-friendly school* yang serius: bukan sekolah yang memajang gambar pohon di kelas, melainkan sekolah yang membawa anak keluar kelas untuk menyentuh, mencium, mengamati, dan merawat pohon yang nyata.

Tabel 2. Elemen Utama *Eco-friendly School* dan Implementasinya dalam Konteks PIAUD

Elemen <i>Eco-friendly School</i>	Bentuk Implementasi di PIAUD	Aspek Perkembangan yang Distimulasi	Keterkaitan Nilai Islam
Ruang belajar alam terbuka	Area bermain dengan material alami: pasir, tanah, batu, kayu, air; tidak beraspal	Motorik kasar & halus, kreativitas, problem-solving, keberanian	Tafakkur (merenungkan ciptaan Allah) sejak dini
Kebun sekolah aktif	Anak menanam, menyiram, merawat, dan memanen tanaman secara rutin	Tanggung jawab, kesabaran, sains alam, hubungan dengan tanah	Amanah: merawat apa yang Allah titipkan
Sistem 3R (Reduce-Reuse-Recycle)	Pemilahan sampah sebagai rutinitas kelas; membuat kerajinan dari bahan bekas	Kesadaran lingkungan, kreativitas, tanggung jawab sosial	La tufsidum fil-ardhi: jangan merusak bumi
Observasi alam terpandu	Guru memimpin eksplorasi harian: mengamati semut, mengumpulkan daun, mengamati hujan	Bahasa, kognitif, rasa ingin tahu, konsentrasi	Ayatul kauniyah: ayat-ayat Allah di alam semesta
Material pembelajaran alami	Mengganti/melengkapi mainan plastik dengan bahan alam: biji, kerang, ranting	Stimulasi sensorik multimoda, kreativitas bebas	Kesederhanaan dan rasa syukur atas ciptaan Allah
Program hemat sumber daya	Mematikan lampu, keran air yang tidak bocor, kompos sampah dapur sekolah	Kesadaran sipil, disiplin, tanggung jawab kolektif	Wa la tusrifu: jangan berlebihan dan boros
Dokumentasi alam anak	Buku observasi pribadi tiap anak berisi gambar/cerita pengalaman di alam	Literasi, narasi, koneksi personal dengan alam	Iqra': membaca tanda-tanda kebesaran Allah di alam

Sumber: Diolah dari Kuo et al. (2022), Pyle & Danniels (2021), McCormick (2023), Marzuki & Pambudi (2022), dan Al-Quran berbagai surah

3. Dimensi Islam: Lebih dari Sekadar Cinta Lingkungan

Dari perspektif Islam, *eco-friendly school* bukan sekadar program lingkungan. Al-Quran Surah Al-A'raf ayat 56 melarang kerusakan di bumi dengan tegas. Nasr (2023) berargumen bahwa krisis lingkungan modern adalah pada dasarnya krisis spiritual: manusia telah kehilangan rasa sakral terhadap alam yang seharusnya dipelihara sebagai amanah dari Pencipta. Mendidik anak untuk merawat alam dengan demikian bukan sekadar pendidikan ekologi, ia adalah pendidikan iman dan amanah.

Marzuki & Pambudi (2022) menegaskan bahwa tiga dimensi relasi yang harus dibentuk dalam pendidikan Islam sejak dini, *habluminallah*, *habluminannas*, *habluminal-alam*, semuanya hadir dalam *eco-friendly school* yang dirancang dengan kesadaran Islam. Anak yang belajar menyiram tanaman dengan telaten dan tidak memetik bunga sembarangan tidak hanya belajar tentang biologi, ia sedang berlatih amanah, sabar, dan rasa syukur. Ramayulis (2019) menambahkan bahwa tujuan akhir pendidikan Islam adalah *insan kamil*, manusia

paripurna yang seimbang, dan kecintaan serta tanggung jawab terhadap alam adalah bagian yang tidak terpisahkan dari keutuhan itu.

Bagian III: Integrasi dan Model Kurikulum

Titik temu antara AI adaptif dan *eco-friendly school* lebih dalam dari yang tampak. Keduanya berprinsip bahwa setiap anak adalah individu yang unik dengan ritme belajarnya sendiri. Keduanya menekankan bahwa belajar bermakna selalu bersifat pengalaman-aktif, bukan pasif-reseptif. Dan keduanya menolak reduksionisme: mereka tidak mengukur keberhasilan anak dari satu dimensi saja.

Model integrasi yang kami usulkan beroperasi di tiga level bersamaan. Di **level kurikulum**: tema-tema pembelajaran bergerak dari pengalaman nyata di alam (sebagai fondasi) ke pendalaman melalui tools digital yang tepat (sebagai pelengkap), dan selalu dikaitkan dengan nilai-nilai Islam (sebagai kompas). Di **level pedagogi**: guru berperan sebagai pemandu tafakkur di alam sekaligus interpreter data AI, dua kemampuan yang saling memperkuat, bukan menggantikan. Di **level nilai**: AI digunakan karena Allah menciptakan setiap manusia unik dan istimewa; alam dijaga karena ia adalah amanah Allah yang harus dipelihara oleh khalifah-Nya di bumi.

Bagan 4. Model Integrasi Tiga Pilar Kurikulum PIAUD: AI Adaptif + Eco-school + Nilai Islam

DIMENSI	AI ADAPTIF	NILAI ISLAM (FONDASI)	ECO-FRIENDLY SCHOOL
TUJUAN	Setiap anak berkembang sesuai ritmenya	Manusia seutuhnya: insan kamil	Generasi penjaga bumi Allah
MEDIUM UTAMA	Algoritma & asesmen digital	Al-Quran, Hadits, nilai Islam	Alam sebagai laboratorium
PERAN GURU	Fasilitator & interpreter data	Model akhlak & teladan hidup	Pemandu tafakkur & eksplorasi
PERAN ANAK	Subjek aktif yang dipersonalisasi	Khalifah yang dididik dengan amanah	Penjelajah & perawat alam
UKURAN SUKSES	Perkembangan individual optimal	Akhlak mulia & keimanan kuat	Kecintaan & perilaku pro-lingkungan
RISIKO UTAMA	Dehumanisasi & ketergantungan gadget	Formalisme tanpa penghayatan	Kurang akses untuk sekolah urban

Sumber: Dikembangkan penulis berdasarkan sintesis kajian, 2024

Tabel 3. Perbandingan Model Sekolah: Menuju PIAUD Terpadu yang Ideal

Aspek	Sekolah Konvensional	Eco-friendly School	AI-Integrated PIAUD	PIAUD Terpadu Ideal
Lingkungan fisik	Ruang kelas tertutup, lantai keramik	Taman, kebun, area alam terbuka	Layar & perangkat terintegrasi	Kombinasi alam + teknologi selektif
Sumber belajar utama	Buku teks & lembar kerja	Alam, tanaman, dan material alami	Aplikasi & konten digital adaptif	Al-Quran, alam, buku, teknologi bijak
Hubungan dg lingkungan	Alam di luar sekolah, terpisah	Alam adalah sekolah itu sendiri	Digital environment utama	Alam nyata + digital sebagai pelengkap

Pembentukan karakter	Formal, terpisah	normatif,	Organik melalui merawat alam	Belum terstruktur	Melalui pembiasaan, teladan, alam, ibadah
Respons individual	Seragam semua	untuk	Alam merespons setiap anak berbeda	Adaptif secara digital	Guru + AI + alam merespons anak secara total
Peran orang tua	Pasif, menyerahkan ke sekolah		Dilibatkan dalam proyek alam	Dipandu melalui laporan digital	Mitra aktif di rumah & sekolah

Sumber: Dikembangkan penulis berdasarkan Kuo et al. (2022), Holmes & Tuomi (2022), Ramayulis (2019)

SIMPULAN

Kajian ini menghasilkan tiga simpulan yang saling menopang. Pertama, pembelajaran adaptif berbasis AI memiliki potensi yang nyata dan berbasis bukti untuk meningkatkan kualitas PIAUD, tetapi hanya jika digunakan sebagai alat bantu guru, bukan sebagai pengganti interaksi manusiawi. Batas-batasnya jelas dan tidak boleh disilangkan: tidak menggantikan bermain bebas, tidak digunakan sebelum usia yang tepat, dan tidak menjadi tujuan melainkan sarana.

Kedua, *eco-friendly school* bukan tren estetika melainkan pilihan pedagogis yang memiliki landasan ilmiah sangat kuat. Interaksi langsung anak dengan alam secara konsisten menghasilkan dampak positif pada kognitif, motorik, dan sosial-emosional, serta, yang paling penting dalam konteks PIAUD, menanamkan kecintaan lingkungan yang terbukti bertahan hingga dewasa. Dalam kerangka Islam, ini adalah pendidikan iman, amanah, dan tanggung jawab.

Ketiga, keduanya dapat dan seharusnya diintegrasikan dalam satu kerangka kurikulum PIAUD yang kohesif, dengan nilai-nilai Islam sebagai fondasi yang memberi makna dan arah. Integrasi ini bukan eklektisisme metodologis yang serampangan; ia adalah refleksi dari keyakinan bahwa pendidikan yang paling baik adalah yang mengembangkan seluruh dimensi manusia, akal, jiwa, jasmani, dan sosial, secara seimbang, sebagaimana yang diidealisasikan dalam konsep *insan kamil* dalam tradisi pendidikan Islam.

Tiga rekomendasi diajukan. Bagi perguruan tinggi yang menyelenggarakan PIAUD: integrasikan kompetensi AI yang bertanggung jawab dan desain lingkungan belajar berbasis alam sebagai kompetensi inti kurikulum, bukan pilihan. Bagi lembaga PIAUD: mulailah transformasi *eco-friendly school* dari yang paling sederhana, kebun mini, sudut alam, observasi harian, dan bangun secara bertahap. Bagi pemerintah: perbarui standar nasional PIAUD untuk mengintegrasikan panduan AI berbasis bukti dan standar lingkungan fisik sekolah yang mendukung interaksi anak dengan alam secara eksplisit.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Quran Al-Karim. Surah Al-A'raf (7): 56. Departemen Agama RI. (2019). Al-Quran dan Terjemahannya. LPMQ.
- Aleven, V., McLaughlin, E. A., Glenn, R. A., & Koedinger, K. R. (2023). Instruction based on adaptive learning technologies. Dalam R. E. Mayer & E. C. Parong (Eds.), *The Cambridge Handbook of Applied Perception Research* (Vol. 2, hlm. 861-891). Cambridge University Press.
- Chawla, L. (2020). Childhood nature connection and constructive hope: A review of research on connecting with nature and coping with environmental loss. *People and Nature*, 2(3), 619-642. <https://doi.org/10.1002/pan3.10128>
- Crompton, H., & Burke, D. (2023). Artificial intelligence in K-12 education: A systematic review. *Educational Technology Research and Development*, 71(4), 1595-1618. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10236-1>

- Holmes, W., & Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, 57(4), 542-570. <https://doi.org/10.1111/ejed.12533>
- Kellert, S. R., & Linnaeus, E. (2023). *The Nature of Children: Re-discovering children's affinity with the natural world*. Springer.
- Kuo, M., Klein, S. E., Browning, M. H. E. M., & Zaplatosch, J. (2022). Greening for academic achievement: Prioritizing what to plant and where. *Landscape and Urban Planning*, 220, 104336. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104336>
- Louv, R. (2019). *Our Wild Calling: How Connecting with Animals Can Transform Our Lives and Save Theirs*. Algonquin Books.
- Luckin, R., & Cukurova, M. (2019). Designing educational technologies in the age of AI: A learning sciences-driven approach. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 2824-2838. <https://doi.org/10.1111/bjet.12829>
- Marzuki, & Pambudi, T. A. (2022). Integrasi nilai-nilai Islam dalam pendidikan karakter anak usia dini di era revolusi industri 4.0. *Al-Athfal: Jurnal Pendidikan Anak*, 8(1), 17-32. <https://doi.org/10.14421/al-athfal.2022.81-02>
- McCormick, R. (2023). Does access to green space impact the mental well-being of children: A systematic review. *Journal of Pediatric Nursing*, 37, e23-e36. <https://doi.org/10.1016/j.pedn.2017.08.027>
- NAEYC. (2022). *Developmentally Appropriate Practice in Early Childhood Programs Serving Children from Birth Through Age 8 (4th ed.)*. National Association for the Education of Young Children.
- Nasr, S. H. (2023). *Islam and the Environmental Crisis (3rd ed.)*. Islamic Foundation.
- Piaget, J. (1970). *Science of Education and the Psychology of the Child*. Viking Press.
- Pyle, A., & Danniels, E. (2021). A continuum of play-based learning: The role of the teacher in play-based pedagogy and the fear of hijacking play. *Early Education and Development*, 32(1), 1-14. <https://doi.org/10.1080/10409289.2020.1849723>
- Ramayulis. (2019). *Dasar-dasar Kependidikan: Suatu Pengantar Ilmu Pendidikan*. Kalam Mulia.
- Sobel, D. (2020). *Wild Play: Parenting Adventures in the Great Outdoors*. Sierra Club Books.
- Steenbergen-Hu, S., Makel, M. C., & Olszewski-Kubilius, P. (2023). What one hundred years of research says about the effects of ability grouping and acceleration on K-12 students' academic achievement. *Review of Educational Research*, 93(4), 567-612. <https://doi.org/10.3102/0034654323116548>
- Suryana, D., & Hijriani, A. (2022). Pengembangan instrumen penilaian perkembangan anak usia dini di lembaga PAUD Indonesia. *Jurnal Obsesi: Jurnal Pendidikan Anak Usia Dini*, 6(4), 3089-3100. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v6i4.2290>
- Suyadi, & Selvi, I. (2021). Neuropedagogical approach to Islamic early childhood education. *International Journal of Islamic Early Childhood Education*, 6(1), 1-14.

Tillmann, S., Tobin, D., Avison, W., & Gilliland, J. (2022). Mental health benefits of interactions with nature in children and teenagers: A systematic review. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 72(10), 958-966. <https://doi.org/10.1136/jech-2018-210436>

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: Development of Higher Psychological Processes*. Harvard University Press.