

Integrasi Model Project-Based Learning Berbasis AI untuk Meningkatkan Literasi Ekonomi Hijau Mahasiswa Calon Guru Sains: Sebuah Kajian Konseptual

Hariyono*¹

¹ Universitas Nusantara PGRI Kediri

*Penulis Korespondensi: hariyono@unpkdr.ac.id

ABSTRACT

Urgensi integrasi prinsip keberlanjutan ke dalam pendidikan tinggi telah mendorong terjadinya pergeseran paradigma dari pembelajaran konvensional menuju inovasi yang menumbuhkan literasi ekologis serta kesadaran ekonomi yang bertanggung jawab. Artikel konseptual ini bertujuan untuk mensintesis berbagai perspektif teoretis mengenai Project-Based Learning berbasis kecerdasan buatan (AI-PjBL) sebagai kerangka pedagogis yang dapat meningkatkan literasi ekonomi hijau mahasiswa calon guru sains. Kajian ini menggunakan pendekatan literature review yang terstruktur dengan menelaah publikasi ilmiah mutakhir (2020–2025) dari jurnal-jurnal bereputasi Scopus dan Sinta yang membahas topik AI dalam pendidikan, pembelajaran berbasis proyek, dan literasi berkelanjutan. Melalui sintesis kritis, diperoleh tiga dimensi utama yang saling berkaitan: (1) AI sebagai sistem umpan balik dan analitik adaptif, (2) PjBL sebagai proses pembelajaran pengalaman yang mendorong kolaborasi dan pemecahan masalah kontekstual, serta (3) literasi ekonomi hijau sebagai luaran yang mengintegrasikan kesadaran lingkungan dengan penalaran ekonomi. Analisis ini menghasilkan model konseptual yang disebut AI-PjBL Green Literacy Model, yang menggambarkan interaksi antara teknologi, pedagogi, dan keberlanjutan dalam satu ekosistem pendidikan yang terpadu. Model ini memberikan kontribusi teoretis terhadap pengembangan pedagogi digital berkelanjutan serta implikasi praktis bagi perancangan kurikulum pendidikan calon guru. Secara keseluruhan, kajian ini menegaskan bahwa PjBL berbasis kecerdasan buatan memiliki potensi transformatif untuk menumbuhkan kompetensi kritis, etis, dan berorientasi keberlanjutan yang sangat dibutuhkan oleh pendidik masa depan.

Key words:

Kecerdasan Buatan, Pembelajaran Berbasis Proyek, Literasi Ekonomi Hijau, Calon Guru Sains

Riwayat artikel

Diterima:16/11/2025

Diperbaiki:-

Terbit:8/5/2026

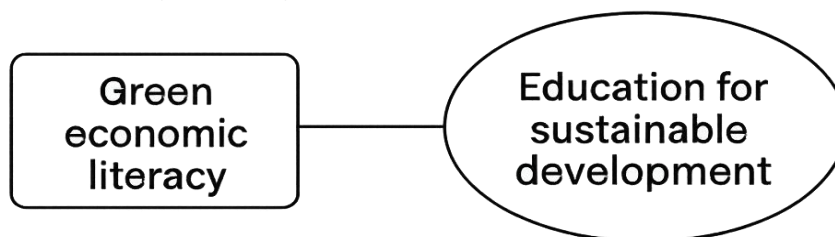
PENDAHULUAN

Pendidikan tinggi di abad ke-21 menghadapi tantangan yang jauh lebih kompleks dibandingkan masa sebelumnya. Perubahan iklim, krisis sumber daya, dan transformasi

teknologi yang masif menuntut dunia pendidikan untuk melahirkan generasi yang tidak hanya cerdas secara kognitif, tetapi juga memiliki kesadaran ekologis dan tanggung jawab sosial yang tinggi. Dalam konteks ini, lembaga pendidikan tinggi di seluruh dunia termasuk Indonesia dituntut untuk menerjemahkan prinsip *Sustainable Development Goals (SDGs)* ke dalam praktik pembelajaran yang konkret, terutama pada tujuan ke-4 tentang *quality education* dan tujuan ke-13 tentang *climate action* (Janssens et al., 2022). Kedua agenda global ini menekankan pentingnya pendidikan berorientasi keberlanjutan, yang memadukan dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan secara sinergis (Beheshti et al., 2024; Haritas & Harini, 2025).

Di Indonesia, arah kebijakan Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) juga memberi ruang luas bagi inovasi pedagogis. Namun, berbagai studi terbaru menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa, terutama calon guru sains, masih memandang isu ekonomi dan lingkungan secara terpisah. Mereka memahami konsep efisiensi sumber daya, energi terbarukan, dan ekonomi sirkular secara teoretis, tetapi belum menempatkannya sebagai bagian integral dari keputusan ekonomi yang berkelanjutan (Altan & Dowman, 2021; Handayani et al., 2023). Rendahnya literasi ekonomi hijau ini berdampak pada lemahnya kemampuan calon guru dalam menanamkan nilai keberlanjutan kepada peserta didik di masa depan (Santiani et al., 2024).

Masalah tersebut menunjukkan adanya kesenjangan konseptual (*conceptual gap*) antara teori pembelajaran yang diajarkan di kampus dengan konteks nyata yang dihadapi masyarakat global. Padahal, literasi ekonomi hijau (*green economic literacy*) bukan sekadar kompetensi tambahan, melainkan elemen penting dari *education for sustainable development (ESD)* (Thohir et al., 2024). Literasi ini mencakup kemampuan memahami keterkaitan antara aktivitas ekonomi dengan sistem ekologi serta kesadaran untuk mengambil keputusan yang meminimalkan dampak lingkungan. Dengan kata lain, pendidikan ekonomi hijau tidak dapat diajarkan secara verbalistik, tetapi harus dialami melalui pembelajaran yang autentik, kolaboratif, dan reflektif (Cao, 2024).



Gambar 1 : literasi ekonomi hijau dan *education for sustainable development*

Salah satu model yang dianggap mampu menjembatani kesenjangan tersebut adalah *Project-Based Learning (PjBL)*. Model ini menempatkan mahasiswa sebagai subjek aktif yang memecahkan masalah dunia nyata melalui kegiatan proyek. Dalam konteks pendidikan sains, PjBL memungkinkan mahasiswa untuk mengeksplorasi isu lingkungan secara langsung misalnya pengelolaan limbah, efisiensi energi, atau inovasi produk hijau sekaligus menginternalisasi nilai ekonomi yang rasional dan beretika (West & Schill, 2022). PjBL juga memiliki keunggulan dalam membangun *higher-order thinking skills*, kreativitas, dan kemampuan kolaboratif yang sangat relevan dengan tuntutan *Society 5.0* (Dela Calzada, 2024).

Namun, PjBL tradisional sering kali masih bergantung pada interaksi tatap muka dan terbatas pada kemampuan dosen dalam memberi umpan balik. Di sinilah peran kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence* atau AI) menjadi signifikan (Al-Huwail et al., 2025; Ruiz Viruel et al., 2025). AI dapat berfungsi sebagai mitra reflektif dalam proses belajar, memberikan analisis data secara adaptif, dan memfasilitasi penilaian berbasis bukti (*evidence-based assessment*) (Chounta et al., 2024). Berbagai penelitian internasional, seperti yang dilaporkan oleh Kurniawan (2025), menunjukkan bahwa AI berpotensi memperkuat *learning analytics*, personalisasi pembelajaran,

serta meningkatkan efektivitas proses refleksi diri mahasiswa. Integrasi AI ke dalam PjBL dengan demikian tidak hanya memperkaya aspek teknologi, tetapi juga memperluas ranah pedagogi menuju model pembelajaran adaptif dan berkelanjutan (Kurniawan et al., 2025).

Di sisi lain, meskipun telah banyak penelitian mengenai PjBL dan penggunaan AI dalam pendidikan, studi yang secara eksplisit mengaitkan keduanya dengan peningkatan literasi ekonomi hijau masih sangat terbatas (Bong et al., 2025). Sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada efisiensi sistem, performa kognitif, atau motivasi belajar, tetapi belum menggali dimensi keberlanjutan dan kesadaran ekologis sebagai luaran utama. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya kerangka konseptual yang mampu memadukan ketiga unsur tersebut AI, PjBL, dan green literacy ke dalam satu ekosistem pembelajaran terpadu.

Artikel ini hadir untuk menjawab kebutuhan tersebut. Kajian ini tidak menyajikan data empiris, melainkan melakukan sintesis konseptual atas berbagai temuan penelitian dan kebijakan global terkini untuk membangun *AI-PjBL Green Literacy Model*, disampaikan Marhaeni et al., (2023) yaitu sebuah model teoretis yang menjelaskan bagaimana integrasi kecerdasan buatan dan pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan literasi ekonomi hijau mahasiswa calon guru sains. Kajian ini juga berupaya menegaskan posisi AI bukan sekadar alat bantu teknis, tetapi sebagai instrumen epistemologis yang membentuk cara berpikir dan cara belajar baru dalam konteks keberlanjutan (Molina et al., 2021).

Lebih jauh, kajian ini diharapkan memberikan kontribusi teoretis bagi pengembangan pedagogi digital berkelanjutan di pendidikan tinggi, serta menawarkan implikasi praktis bagi dosen dan pengembang kurikulum dalam merancang pembelajaran yang memadukan teknologi, sains, dan nilai-nilai ekonomi hijau. Dengan pendekatan reflektif-integratif ini, artikel ini mengajak pembaca untuk melihat bahwa keberlanjutan bukanlah isu terpisah, melainkan jantung dari proses pendidikan itu sendiri.

Dengan demikian, tujuan utama kajian ini adalah:

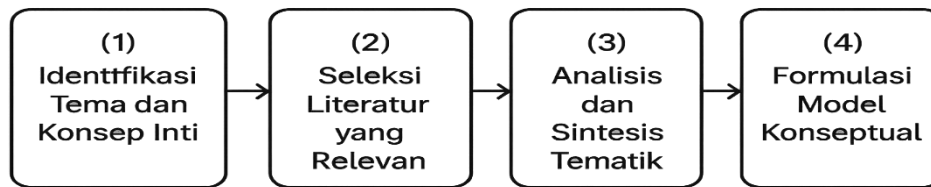
1. Mengidentifikasi dan menganalisis landasan teoretis yang menghubungkan AI, PjBL, dan literasi ekonomi hijau.
2. Menyintesis temuan-temuan konseptual menjadi sebuah kerangka model pembelajaran terintegrasi.
3. Menawarkan arah riset dan implementasi praktis bagi pendidikan tinggi menuju ekosistem pembelajaran yang hijau, adaptif, dan berkelanjutan.

Melalui kajian konseptual ini, diharapkan terbentuk suatu pandangan baru bahwa pembelajaran berbasis proyek dengan dukungan AI bukan sekadar inovasi teknologi, tetapi merupakan langkah transformatif menuju pendidikan yang memerdekakan pikiran, menumbuhkan empati ekologis, dan menguatkan literasi ekonomi hijau generasi pendidik masa depan.

METODE

Kajian ini menggunakan pendekatan literature review konseptual, yakni suatu pendekatan ilmiah yang menelaah, mengkritisi, dan mensintesis berbagai hasil penelitian serta teori yang relevan guna membangun kerangka pemikiran baru. Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama tulisan bukan untuk menguji hipotesis empiris, melainkan untuk merumuskan model konseptual yang integratif antara *Project-Based Learning* (PjBL), kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), dan literasi ekonomi hijau. Dengan demikian, penekanan penelitian ini bukan pada pengumpulan data lapangan, tetapi pada proses *intellectual synthesis* yang berorientasi teoritis dan konseptual.

Prosedur kajian pustaka dilaksanakan melalui empat tahapan utama (Chan, 2023; Rahmatika et al., 2024), yaitu: (1) identifikasi tema dan konsep inti, (2) seleksi literatur yang relevan, (3) analisis dan sintesis tematik, serta (4) formulasi model konseptual.



Gambar 2: Prosedur Dalam Kajian Pustaka

1. Identifikasi Tema dan Konsep Inti

Tahap awal difokuskan pada penetapan kata kunci yang menjadi dasar pencarian literatur, meliputi: *Artificial Intelligence in Education*, *AI-Pedagogy*, *Project-Based Learning*, *Green Literacy*, dan *Education for Sustainable Development (ESD)*. Dari lima kata kunci tersebut dikembangkan tiga domain utama yang menjadi pijakan analisis:

- Domain Teknologi-Pedagogi (AI-PjBL) – menelaah fungsi AI sebagai fasilitator pembelajaran adaptif dan reflektif;
- Domain Kognitif-Ekologis (Green Economic Literacy) – membahas kemampuan menghubungkan konsep ekonomi dengan kesadaran lingkungan;
- Domain Integratif (AI-PjBL Green Literacy Framework) – menganalisis potensi keterpaduan keduanya dalam konteks pendidikan tinggi.

Tahap ini bertujuan memastikan bahwa setiap literatur yang digunakan memiliki relevansi langsung dengan pengembangan model konseptual yang diusulkan.

2. Seleksi Literatur

Pencarian literatur dilakukan secara sistematis melalui basis data Scopus, ScienceDirect, SpringerLink, dan portal Sinta 1–2, dengan periode publikasi 2020–2025. Kriteria inklusi yang diterapkan meliputi:

- Artikel yang meneliti penerapan AI dalam pembelajaran di pendidikan tinggi;
- Artikel yang membahas model PjBL dalam konteks pendidikan sains, teknologi, atau ekonomi;
- Studi yang menyinggung konsep *green literacy*, *sustainable learning*, atau pendidikan berkelanjutan.

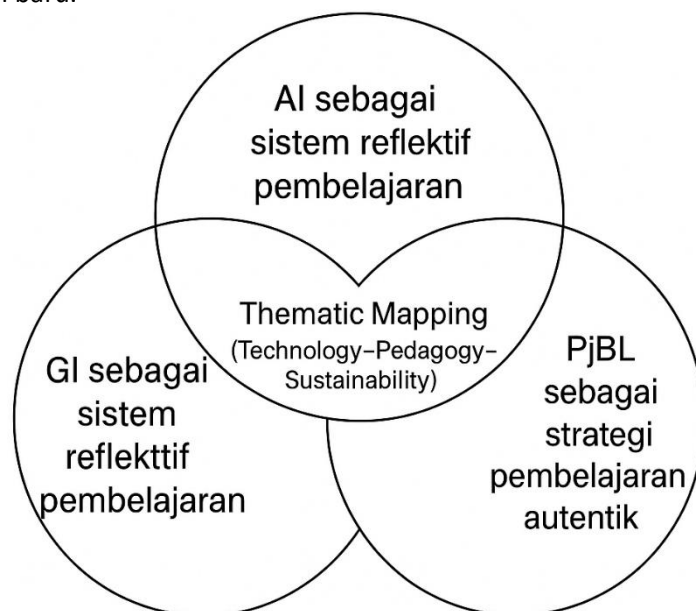
Sementara itu, literatur yang bersifat murni teknis atau tidak memiliki relevansi dengan pendidikan dikeluarkan dari daftar. Dari hasil penelusuran diperoleh sekitar 68 artikel, kemudian diseleksi berdasarkan kesesuaian konteks dan kualitas jurnal, hingga diperoleh 35 sumber utama yang digunakan sebagai dasar analisis konseptual. Selain artikel jurnal, buku akademik dan laporan kebijakan dari UNESCO, OECD, dan Kemdikbud juga digunakan sebagai referensi pendukung untuk memperkuat konteks kebijakan pendidikan berkelanjutan di Indonesia.

3. Analisis dan Sintesis Tematik

Tahap ini merupakan inti dari proses kajian pustaka. Setiap artikel dianalisis berdasarkan tema kunci, pendekatan teoretis, dan temuan utama, lalu dikelompokkan ke dalam tiga kategori besar:

- AI sebagai sistem reflektif pembelajaran – meliputi studi yang menekankan kemampuan AI dalam memberikan umpan balik personal, prediksi capaian, serta pembelajaran adaptif.
- PjBL sebagai strategi pembelajaran autentik – berfokus pada kolaborasi, pemecahan masalah kontekstual, dan pembentukan keterampilan abad ke-21.
- Green literacy sebagai hasil pembelajaran berkelanjutan – membahas integrasi nilai keberlanjutan, efisiensi sumber daya, dan tanggung jawab ekologis dalam kurikulum pendidikan tinggi.

Dari ketiga kategori tersebut kemudian dilakukan sintesis melalui pendekatan thematic mapping, yaitu memetakan hubungan logis antara teknologi, pedagogi, dan nilai keberlanjutan. Proses sintesis dilakukan secara deduktif-induktif: dimulai dari teori besar tentang *constructivism* dan *connectivism*, kemudian diturunkan menjadi prinsip-prinsip operasional yang membentuk model konseptual baru.



Gambar 3: Analisis dan Sintesis Tematik

4. Formulasi Model Konseptual

Tahap akhir dari proses ini adalah penyusunan model konseptual yang disebut AI-PjBL Green Literacy Model. Model ini dibangun atas dasar temuan sintesis bahwa integrasi AI dan PjBL dapat menghasilkan pembelajaran yang berorientasi pada keberlanjutan apabila diarahkan pada pengembangan literasi ekonomi hijau. Dalam formulasi model ini digunakan pendekatan analisis triangulatif sumber, yakni mengonfirmasi keterpaduan gagasan dari literatur pendidikan, teknologi, dan ekonomi hijau. Hasilnya berupa rancangan konseptual yang menggambarkan hubungan antara:

- a. Input: kesiapan digital dan kesadaran ekologis mahasiswa,
- b. Proses: implementasi proyek dengan umpan balik adaptif AI,
- c. Output: peningkatan literasi ekonomi hijau dan kompetensi berkelanjutan.

5. Validitas dan Posisi Kajian

Untuk menjaga validitas intelektual, setiap argumen sintesis diverifikasi melalui pembandingan lintas sumber dan analisis semantik antar-konsep (Bos et al., 1989). Kajian ini tidak bermaksud menggantikan studi empiris, tetapi menjadi fondasi teoritis yang kelak dapat diuji melalui penelitian lapangan. Oleh karena itu, posisi kajian ini berada pada tataran konseptual-teoretis, berperan sebagai *intellectual bridge* antara teori pembelajaran konstruktivistik dengan paradigma pendidikan hijau yang berbasis teknologi.

Dengan pendekatan demikian, artikel ini bukan sekadar merangkum penelitian terdahulu, tetapi juga menawarkan arah baru pengembangan teori pembelajaran: bahwa kecerdasan buatan, jika diintegrasikan ke dalam PjBL, bukan hanya alat bantu teknis, melainkan instrumen kognitif yang membentuk cara berpikir berkelanjutan. Kajian ini menegaskan pentingnya membangun sinergi antara sains, teknologi, dan etika ekologis dalam pendidikan tinggi Indonesia menuju era *smart-green society*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Konteks Teoritis dan Kebijakan Global

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini tidak dapat dilepaskan dari perubahan orientasi pendidikan global yang mengedepankan keberlanjutan. Agenda *Sustainable Development Goals* (SDGs) yang dicanangkan oleh Perserikatan Bangsa-Bangsa menempatkan pendidikan sebagai kunci transformasi sosial, ekonomi, dan lingkungan (Bong et al., 2025). Khususnya SDG-4 tentang *quality education* dan SDG-13 tentang *climate action*, keduanya menuntut sistem pendidikan tinggi untuk melahirkan lulusan yang memiliki kesadaran ekologis serta kompetensi digital yang mampu menjawab tantangan era disrupsi (Nweke et al., 2025; Ruiz Viruel et al., 2025).

UNESCO dalam Santiani et al., (2024) melalui kerangka *Education for Sustainable Development (ESD)* menekankan perlunya integrasi antara teknologi digital dan nilai keberlanjutan dalam kurikulum. Hal ini sejalan dengan semangat *Society 5.0* di Jepang yang mengedepankan keseimbangan antara kemajuan teknologi dan kesejahteraan manusia. Dalam konteks Indonesia, kebijakan *Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM)* juga mendorong pembelajaran berbasis proyek dan riset kolaboratif lintas disiplin sebagai sarana menanamkan nilai keberlanjutan pada mahasiswa (Ramdani, 2015).

Di tengah dinamika tersebut, kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence* atau AI) menjadi katalisator utama yang mengubah cara manusia belajar dan berpikir (Lee & Kwon, 2024; Salvagno et al., 2023). AI memungkinkan personalisasi pembelajaran, pemetaan capaian belajar, hingga prediksi kesulitan mahasiswa secara real-time. Pada saat yang sama, model *Project-Based Learning* (PjBL) terbukti menjadi pendekatan pedagogis yang mampu mengaitkan teori dengan praktik nyata melalui kegiatan berbasis proyek (Darban, 2024; Kurniawan et al., 2025). Ketika kedua pendekatan ini dipadukan, muncul potensi besar untuk membangun pembelajaran yang adaptif sekaligus berorientasi pada keberlanjutan, di mana mahasiswa tidak hanya belajar memahami, tetapi juga belajar bertanggung jawab terhadap lingkungan sosial-ekologisnya.

Dengan demikian, arah kebijakan pendidikan global, nasional, dan institusional telah membuka ruang luas bagi integrasi teknologi cerdas dengan pedagogi hijau. Tugas akademisi selanjutnya adalah merumuskan fondasi konseptual yang kokoh agar integrasi tersebut tidak berhenti pada tataran teknis, melainkan berfungsi sebagai transformasi nilai dan perilaku belajar.

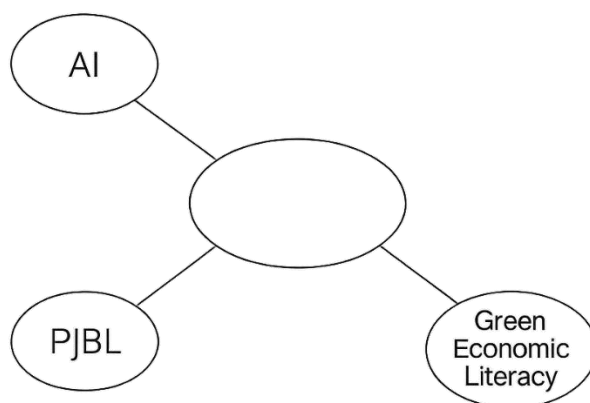
2. Sintesis Teoretis

Secara teoretis, integrasi antara AI dan PjBL berakar pada tiga landasan utama: konstruktivisme, konektivisme, dan pendidikan berkelanjutan (*sustainable education*).

Pertama, konstruktivisme memandang belajar sebagai proses aktif membangun pengetahuan melalui pengalaman (Festiyed et al., 2022). Dalam kerangka ini, PjBL menyediakan konteks nyata bagi mahasiswa untuk membangun makna melalui proyek yang relevan dengan kehidupan sehari-hari. Mahasiswa tidak sekadar menghafal konsep, melainkan mengonstruksi pemahaman melalui tindakan nyata.

Kedua, konektivisme sebagai teori pembelajaran di era digital menekankan bahwa pengetahuan tersebar di jaringan digital, dan proses belajar terjadi ketika individu mampu menghubungkan informasi dari berbagai sumber. AI berperan penting dalam membantu mahasiswa mengelola, memfilter, dan memaknai informasi melalui algoritme adaptif (Harahap et al., 2022). AI bukan hanya penyedia data, tetapi fasilitator koneksi kognitif yang membantu pembelajar menavigasi kompleksitas informasi modern.

Ketiga, pendidikan berkelanjutan menempatkan nilai etika, empati ekologis, dan tanggung jawab sosial sebagai inti proses belajar. Literasi ekonomi hijau merupakan manifestasi dari prinsip ini, di mana mahasiswa diajak memahami keterkaitan antara keputusan ekonomi dan kelestarian lingkungan (Efendi et al., 2025).



Gambar 4: integrasi AI dan PjBL serta Green Economic

Ketika ketiga teori tersebut disintesiskan, terbentuk hubungan logis sebagai berikut:

- a. AI sebagai instrumen kognitif menyediakan lingkungan belajar adaptif yang menstimulasi refleksi diri dan pengambilan keputusan berbasis data;
- b. PjBL sebagai wadah pengalaman belajar autentik memberi ruang bagi kolaborasi, kreativitas, dan penerapan nilai keberlanjutan;
- c. Green economic literacy sebagai luaran utama memastikan bahwa setiap keputusan dalam proyek berlandaskan pertimbangan ekologis dan etika ekonomi.

Sintesis ini menunjukkan bahwa integrasi AI dan PjBL tidak semata memperbaiki metode pembelajaran, tetapi membentuk cara berpikir baru *eco-intelligent thinking* yang menggabungkan kecerdasan analitis, empati ekologis, dan tanggung jawab sosial.

Secara praktis, berbagai penelitian mutakhir mendukung pendekatan ini. Ayu (Ayu, 2019) menegaskan bahwa keterampilan abad ke-21 hanya dapat berkembang bila pembelajaran berpusat pada proyek kolaboratif. Sementara itu, Rahmat (Rahmat, 2018) menunjukkan bahwa penerapan AI dalam pendidikan sains meningkatkan kesadaran lingkungan dan keaktifan mahasiswa. Temuan ini menguatkan asumsi bahwa AI-PjBL bukan sekadar kombinasi metode, melainkan sinergi epistemologis yang memadukan logika data dan kesadaran moral.

3. Model Konseptual: AI-PjBL Green Literacy Framework

Berdasarkan sintesis literatur, dirumuskan suatu model konseptual yang dinamakan AI-PjBL Green Literacy Framework. Model ini menggambarkan interaksi dinamis antara teknologi, pedagogi, dan literasi keberlanjutan.

a. Komponen Input

Tahap awal model berfokus pada *readiness* mahasiswa yang meliputi kesiapan digital, kesadaran ekologis, dan motivasi untuk belajar mandiri. Faktor-faktor ini menentukan sejauh mana mahasiswa mampu memanfaatkan teknologi AI dan berpartisipasi aktif dalam proyek berbasis masalah lingkungan.

b. Komponen Proses

Proses pembelajaran berlangsung dalam siklus proyek yang terdiri atas lima tahap: *problem identification, design thinking, project implementation, reflection, dan evaluation*.

Pada setiap tahap, AI berfungsi sebagai *adaptive partner* yang memberikan umpan balik personal dan analisis kinerja melalui *learning analytics dashboard*. AI membantu mahasiswa melihat hubungan sebab-akibat antara keputusan proyek dan dampak ekologis, sehingga refleksi tidak hanya bersifat akademik, tetapi juga moral dan sosial.

c. Komponen Output

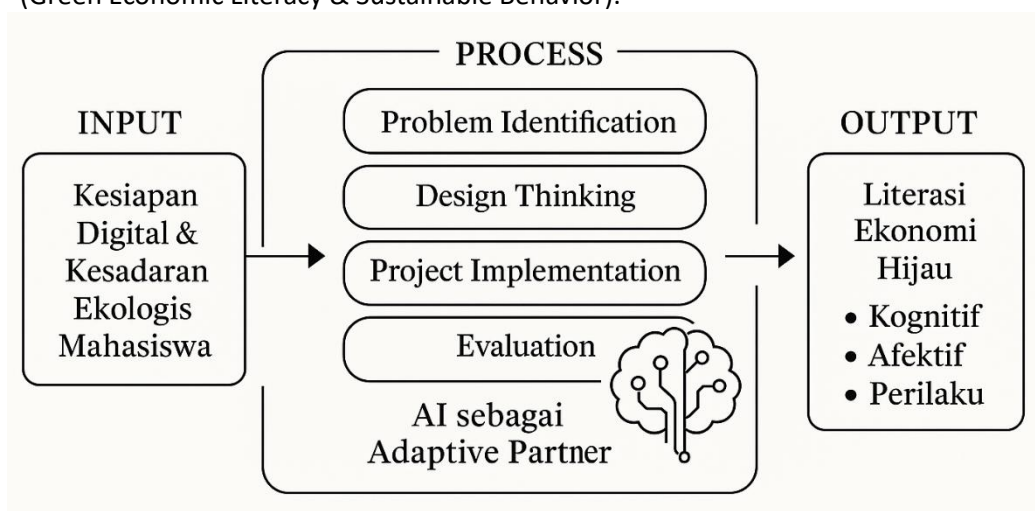
Luaran dari model ini adalah peningkatan literasi ekonomi hijau, yang mencakup tiga aspek:

- 1) *Cognitive literacy* kemampuan memahami konsep ekonomi sirkular dan efisiensi sumber daya;
- 2) *Affective literacy* munculnya empati ekologis dan sikap bertanggung jawab terhadap lingkungan;
- 3) *Behavioral literacy* kemampuan mengintegrasikan prinsip keberlanjutan dalam keputusan ekonomi sehari-hari.

d. Alur Integratif

AI-PjBL Green Literacy Framework dapat digambarkan dalam alur sederhana:

Input (Digital & Ecological Readiness) → Process (AI-Supported Project Learning) → Output (Green Economic Literacy & Sustainable Behavior).



Gambar 5: Diagram alur AI-PjBL Green Literacy Framework

Gambar konseptual ini menegaskan bahwa keberhasilan model bukan hanya diukur dari hasil kognitif, tetapi juga dari perubahan cara berpikir dan bertindak. AI berperan sebagai *reflective mirror* yang memantulkan kembali tindakan mahasiswa ke dalam bentuk data, sehingga setiap peserta belajar dari dirinya sendiri.

e. Implikasi Teoretis dan Praktis

Secara teoretis, model ini menawarkan paradigma baru: *AI as a Pedagogical Ecosystem* (Makaya et al., 2023; Okada et al., 2025). Alih-alih dipandang sebagai teknologi netral, AI menjadi bagian integral dari proses pembentukan kesadaran ekologis dan etika ekonomi. Secara praktis, model ini dapat diimplementasikan dalam mata kuliah inovasi pembelajaran, kewirausahaan berkelanjutan, atau pendidikan lingkungan, dengan penyesuaian konteks lokal dan sumber daya yang tersedia.

Dengan demikian, model konseptual ini bukan sekadar hasil sintesis pustaka, tetapi refleksi mendalam terhadap bagaimana pendidikan tinggi dapat menumbuhkan generasi pendidik yang *eco-literate*, adaptif, dan berkarakter digital-humanistik. Integrasi AI dan PjBL menjadi jalan menuju *green pedagogy* sebuah pembelajaran yang menggabungkan kecerdasan buatan dengan nurani manusia untuk keberlanjutan bumi.

SIMPULAN

Kajian ini menegaskan bahwa arah pendidikan tinggi masa kini harus bergerak melampaui sekadar transfer pengetahuan menuju proses pembentukan kesadaran ekologis dan tanggung jawab sosial yang berkelanjutan. Melalui telaah pustaka yang mendalam terhadap berbagai sumber ilmiah, diperoleh pemahaman bahwa integrasi *Artificial-Intelligence-based Project-Based Learning* (AI-PjBL) merupakan strategi yang potensial untuk menumbuhkan literasi ekonomi hijau di kalangan mahasiswa calon guru sains.

Secara konseptual, model AI-PjBL Green Literacy Framework yang diusulkan dalam kajian ini memadukan tiga unsur utama pembelajaran abad ke-21: (1) teknologi cerdas sebagai sistem reflektif dan analitik; (2) pengalaman belajar berbasis proyek sebagai ruang pembentukan pengetahuan autentik; dan (3) literasi ekonomi hijau sebagai hasil akhir yang berorientasi pada keberlanjutan. Ketiganya saling berinteraksi membentuk ekosistem pedagogi baru di mana teknologi bukan hanya alat bantu, melainkan mitra kognitif yang menuntun mahasiswa untuk berpikir kritis, kreatif, dan etis terhadap lingkungan.

Dari sisi teoretis, integrasi AI-PjBL memperkuat landasan konstruktivistik dan konektivistik dalam pembelajaran digital. AI menyediakan ruang koneksi pengetahuan melalui data dan analitik, sedangkan PjBL memberi konteks empiris bagi mahasiswa untuk memecahkan masalah nyata. Sinergi keduanya menghasilkan proses belajar yang bersifat reflektif-adaptif, memungkinkan peserta didik membangun makna personal sekaligus memahami implikasi sosial dan ekologis dari setiap keputusan yang diambil. Dengan demikian, model ini berkontribusi pada pengembangan teori *digital sustainable pedagogy*, yaitu pendekatan pendidikan yang menempatkan teknologi sebagai katalis kesadaran keberlanjutan.

Secara praktis, model ini dapat dijadikan acuan bagi dosen dan pengembang kurikulum dalam merancang kegiatan belajar berbasis proyek yang memanfaatkan kecerdasan buatan. Implementasi dapat dilakukan melalui proyek kolaboratif lintas mata kuliah, seperti inovasi produk ramah lingkungan, audit energi kampus, atau pengelolaan limbah digital, dengan dukungan sistem AI yang memantau progres dan refleksi mahasiswa. Melalui kegiatan seperti itu, nilai keberlanjutan tidak lagi diajarkan sebagai teori, melainkan dihayati sebagai pengalaman belajar nyata.

Kajian ini tentu memiliki keterbatasan karena bersifat konseptual dan belum melalui uji empiris. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk mengembangkan instrumen pengukuran literasi ekonomi hijau serta melakukan validasi empiris terhadap efektivitas model AI-PjBL dalam konteks kelas nyata. Penelitian di masa depan juga perlu mengeksplorasi aspek etika penggunaan AI agar teknologi benar-benar berfungsi sebagai kekuatan pembebas, bukan sekadar pengganti peran manusia.

Dengan seluruh refleksi ini, dapat disimpulkan bahwa AI-PjBL bukan hanya inovasi metodologis, tetapi langkah menuju transformasi peradaban pendidikan dari sistem yang mengajarkan *to know* menjadi ekosistem yang membimbing *to care and to sustain*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan yang tulus kepada Panitia Seminar Nasional HAYATI VIII Universitas Nusantara PGRI Kediri atas kesempatan yang di berikan untuk ikut serta dalam penyusunan artikel konseptual ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan sejawat di lingkungan Universitas Nusantara PGRI Kediri yang telah memberikan kesempatan dan pandangan-pandangan kritis dalam penulisan artikel ilmiah.

DAFTAR RUJUKAN

- Al-Huwail, N., Al-Hunaiyyan, A., Alainati, S., & Alhabshi, A. (2025). Artificial Intelligence in Education: Perspectives and Challenges. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 19(4), 26–47. <https://doi.org/10.3991/ijim.v19i04.52117>
- Altan, O., & Dowman, I. (2021). The changing world under the corona virus threat—from human needs to SDGs and what next? *Geo-Spatial Information Science*, 24(1), 50–57. <https://doi.org/10.1080/10095020.2021.1886874>
- Ayu, P. E. S. (2019). Keterampilan Belajar Dan Berinovasi Abad 21 Pada Era Revolusi Industri. *Purwadita*, 3(1), 77–83.
- Beheshti, M., Yujin Kang, E., Yan, S., Louime, E., Hancock, C., & Hira, A. (2024). Augmented Reality in A Sustainable Engineering Design Context: Understanding Students' Collaboration and Negotiation Practices. *Sustainability (Switzerland)*, 16(1). <https://doi.org/10.3390/su16010379>
- Bong, L., Prawati, L. D., & Dawn Very, E. (2025). *Digital Literacy and Green Literacy Influence on E-Filing Adoption Among Indonesian Taxpayers*. <https://doi.org/10.1109/ICCIT65724.2025.11167782>
- Bos, C. S., Anders, P. L., Filip, D., & Jaffe, L. E. (1989). The Effects of an Interactive Instructional Strategy for Enhancing Reading Comprehension and Content Area Learning for Students With Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities*. <https://doi.org/10.1177/002221948902200611>
- Cao, J. (2024). Enhancing Student Engagement and Learning Outcomes through Interactive Approaches in College Vocal Music Instruction. *Pacific International Journal*, 7(1), 131–136. <https://doi.org/10.55014/pij.v7i1.535>
- Chan, P.-H. (2023). Exploration on the Process of the Support-Service Counseling Mechanism in Promoting Education Reform in Rural Areas: A Case of Indigenous Area and Offshore Island Preschool Programs in Kaohsiung. *Journal of Research in Education Sciences*, 68(3), 95–139. [https://doi.org/10.6209/JORIES.202309_68\(3\).0004](https://doi.org/10.6209/JORIES.202309_68(3).0004)
- Chounta, I. A., Ortega-Arranz, A., Daskalaki, S., Dimitriadis, Y. A., & Avouris, N. M. (2024). Toward a data-informed framework for the assessment of digital readiness of higher education institutions. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00491-0>
- Darban, M. (2024). Navigating virtual teams in generative AI-led learning: The moderation of team perceived virtuality. *Education and Information Technologies*, 29(17), 23225–23248. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12681-4>
- Dela Calzada, K. P. (2024). Anti-dependency teaching strategy for innovation in the age of AI among technology-based students. *Environment and Social Psychology*, 9(8). <https://doi.org/10.59429/esp.v9i8.3026>
- Efendi, E., Wijaya, A., Julyanthry, J., Candra, V., & Sinaga, O. S. (2025). Penguatan bisnis digital dan literasi ekonomi hijau untuk pengembangan bisnis UMKM Berkah Relief Pematangsiantar. *Room of Civil Society Development*, 4(4), 575–587.
- Festiyed, F., Mikhayla, M. E., Diliarosta, S., & Anggana, P. (2022). Pemahaman Guru Biologi SMA di Sekolah Penggerak DKI Jakarta terhadap Pendekatan Etnosains pada Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, 7(2), 152–163.

<https://doi.org/10.24832/jpnk.v7i2.2993>

- Handayani, H., Kurniasari, F., & Lestari, E. D. (2023). ANALYSIS OF INTEREST IN BECOMING SOCIAL ENTREPRENEURS AMONG THE MILLENNIALS AND Z GENERATION USING THE THEORY OF PLANNED BEHAVIOR AND OUTCOME EXPECTATION: A MULTIGROUP ANALYSIS APPROACH. *Journal of Law and Sustainable Development*, 11(2). <https://doi.org/10.55908/sdgs.v11i2.642>
- Harahap, D. G. S., Nasution, F., Nst, E. S., & Sormin, S. A. (2022). Analisis Kemampuan Literasi Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(2), 2089–2098. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i2.2400>
- Haritas, I., & Harini, K. N. (2025). ‘Solving’ as a key course learning outcome (CLO) in postgraduate (PG) management education. *The International Journal of Management Education*, 23(3), 101225. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijme.2025.101225>
- Kurniawan, D., Masitoh, S., Bachri, B. S., Warman, W., Kamila, V. Z., Subastian, E., & Wahyuningsih, T. (2025). Integrating AI in digital project-based blended learning to enhance critical thinking and problem-solving skills. *Multidisciplinary Science Journal*, 7(12). <https://doi.org/10.31893/multiscience.2025552>
- Lee, S. J., & Kwon, K. (2024). A systematic review of AI education in K-12 classrooms from 2018 to 2023: Topics, strategies, and learning outcomes. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 6. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100211>
- Makaya, C., Blanco, C., & Barrédy, C. (2023). Towards an ecological approach for interaction management in entrepreneurship courses. *Journal of Business Research*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2023.113749>
- Marhaeni, A. A. I. N., Jermisittiparsert, K., Sudarmo, S., Indrawati, L. R., Prasetyo, A., Fuada, N., Rachmadhani, A., Raharjo, T. W., Wahyudianto, H., Harwijayanti, B. P., Sitorus, J., Fahlevi, M., & Aljuaid, M. (2023). Adoption of the Green Economy through Branchless Rural Credit Banks during the COVID-19 Pandemic in Indonesia. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15032723>
- Molina, J., Hai, N. V, Cheng, P.-H., & Chang, C.-Y. (2021). Sdg’s quality education approach: Comparative analysis of natural sciences curriculum guidelines between taiwan and colombia. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063352>
- Nweke, L. O., Okebanama, U. F., & Mba, G. U. (2025). Enhancing entrepreneurial skills through experiential learning in IoT, AI, and cybersecurity. *Discover Education*, 4(1). <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00573-9>
- Okada, A., Sherborne, T., Panselinas, G., & Kolionis, G. (2025). Fostering Transversal Skills Through Open Schooling Supported by the CARE-KNOW-DO Pedagogical Model and the UNESCO AI Competencies Framework. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40593-025-00458-w>
- Rahmat, P. S. (2018). *Peserta Didik Peserta Didik* (Issue 3).
- Rahmatika, N., Hanapi, M. H. B. M., Sariasih, Y., Imami, M. K. W., & Uslan, U. (2024). The Impact of Flipped Learning on Students` Critical Thinking; A Systematic Literature Review. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 23(10), 180–206. <https://doi.org/10.26803/ijlter.23.10.9>
- Ramdani, A. (2015). *NILAI-NILAI KEARIFAN LOKAL MASYARAKAT DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS)*

CIKAPUNDUNG BAGIAN HULU DALAM USAHA PELESTARIAN SUMBER DAYA AIR.

- Ruiz Viruel, S., Sánchez-Rivas, E., & Ruiz Palmero, J. (2025). The Role of Artificial Intelligence in Project-Based Learning: Teacher Perceptions and Pedagogical Implications. *Education Sciences*, 15(2). <https://doi.org/10.3390/educsci15020150>
- Salvagno, M., Taccone, F. S., & Gerli, A. G. (2023). Can artificial intelligence help for scientific writing? *Critical Care*, 27(1), 1–5. <https://doi.org/10.1186/s13054-023-04380-2>
- Santiani, S., Reffiane, F., & Winarto, W. (2024). Science interdisciplinary learning approach: a study interdisciplinary thinking skills and literacy environment. *Journal of Education and Learning*, 18(4), 1454–1459. <https://doi.org/10.11591/edulearn.v18i4.21416>
- West, S., & Schill, C. (2022). Negotiating the ethical-political dimensions of research methods: a key competency in mixed methods, inter- and transdisciplinary, and co-production research. *Humanities and Social Sciences Communications*, 9(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-022-01297-z>