

Tersedia secara online di

Jurnal Tadris IPA IndonesiaBeranda jurnal : <http://ejournal.iainponorogo.ac.id/index.php/jtii>**Artikel****Pendekatan Inkuiri Berorientasi *Education for Sustainable Development* (ESD) untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21: *A Systematic Literature***Henita Henita^{1*}, Diana Rochintaniawati², Rama Wijaya Abdul Rozak³, Maulia Depriya Kembara⁴^{1,2,3,4} Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung*Corresponding Address: henita88@upi.edu**Info Artikel**

Riwayat artikel:

Received: 22 Desember 2024

Accepted: 03 Februari 2025

Published: 30 Juli 2025

Kata kunci:*Education for Sustainable Development* (ESD),
Keterampilan Abad 21,
Pendekatan inkuiri,
*Systematic Literature Review***ABSTRAK**

Penelitian ini meninjau secara sistematis literatur tentang implementasi pendekatan inkuiri berorientasi *Education for Sustainable Development* (ESD) dalam pengembangan keterampilan abad ke-21. Dengan metode *Systematic Literature Review* (SLR) mengacu PRISMA 2020, teridentifikasi 21 artikel terbit tahun 2020–2025 dari Scopus dan Google Scholar. Temuan menunjukkan keterampilan yang paling konsisten dikaitkan ialah 4Cs (berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, kreativitas). Model yang paling efektif meliputi *guided inquiry*, *problem-based learning*, dan *project-based inquiry* yang dipadukan dengan isu keberlanjutan. Keberhasilan implementasi terutama didukung integrasi teknologi, asesmen autentik, dan kompetensi guru, sementara tantangan utama meliputi lemahnya integrasi ESD dalam dokumen pembelajaran, kesiapan guru, kesenjangan asesmen, serta konteks lokal yang belum banyak dieksplorasi. Kebaruan kajian ini terletak pada sintesis mutakhir 2020–2025 yang memetakan pola keterkaitan 4Cs dengan inkuiri serta ESD sekaligus menegaskan faktor pendorong, hambatan, dan celah riset lintas konteks. Temuan ini penting bagi pendidikan IPA karena inkuiri merepresentasikan praktik ilmiah, dan integrasi ESD membuat pembelajaran IPA lebih relevan untuk membangun literasi sains serta kompetensi keberlanjutan dalam menghadapi persoalan lingkungan dan sosial yang kompleks.

ABSTRACT

This study systematically reviews the literature on the implementation of an inquiry-oriented approach to Education for Sustainable Development (ESD) in developing 21st-century skills. Using the Systematic Literature Review (SLR) method based on PRISMA 2020, 21 articles published between 2020 and 2025 were identified from Scopus and Google Scholar. Findings indicate that the most consistently associated skills are the 4Cs (critical thinking, collaboration, communication, and creativity). The most effective models include guided inquiry, problem-based learning, and project-based inquiry combined with sustainability issues. Successful implementation is primarily supported by technology integration, authentic assessment, and teacher competency. While key challenges include weak integration of ESD in learning documents, teacher preparedness, assessment gaps, and underexplored local contexts. The novelty of this study lies in its cutting-edge synthesis from 2020 to 2025, which maps the patterns of the relationship

between the 4Cs and inquiry and ESD while highlighting drivers, barriers, and research gaps across contexts. This finding is important for science education because inquiry represents scientific practice, and the integration of ESD makes science learning more relevant to building scientific literacy and sustainability competencies in dealing with complex environmental and social issues.

PENDAHULUAN

Era transformasi digital dan meningkatnya tantangan keberlanjutan global menuntut sistem pendidikan tidak hanya membekali murid dengan pengetahuan konseptual, tetapi juga mengembangkan keterampilan abad ke-21 yang terintegrasi dengan nilai-nilai pembangunan berkelanjutan (UNESCO, 2018; Puspitasari, 2024; Khofifatul & Widyaningrum, 2023; Ningsih et al., 2025). Pendidikan memainkan peran strategis dalam mewujudkan masa depan yang berkelanjutan, sehingga *Education for Sustainable Development* (ESD) diakui sebagai katalisator utama dalam mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030 (Rieckmann, 2018; Elmassah, 2022; Priandini & Aristiawan, 2024). Dalam konteks tersebut, keterampilan abad ke-21 khususnya 4Cs (*communication, collaboration, critical thinking, dan creativity*) menjadi kompetensi kunci untuk menghadapi dinamika global yang kompleks dan tidak pasti (González-Pérez & Ramírez-Montoya, 2022). Karena itu, pendekatan pedagogis inovatif yang mengintegrasikan ESD dengan pengembangan 4Cs diyakini mampu menciptakan pembelajaran yang lebih holistik, transformatif, dan relevan dengan kebutuhan masa kini (Odewole et al., 2023; Odewole et al., 2021).

Salah satu pendekatan yang menonjol dalam pengembangan keterampilan tersebut adalah pendekatan inkuiri. Pendekatan ini terbukti efektif dalam mendorong keterampilan berpikir tingkat tinggi, kemampuan pemecahan masalah, serta pembentukan pengetahuan ilmiah secara mandiri (Urdanivia Alarcon et al., 2023). Ketika inkuiri diorientasikan dengan prinsip-prinsip ESD, pembelajaran berpotensi tidak hanya meningkatkan kompetensi kognitif, tetapi juga menumbuhkan kesadaran ekologis, nilai-nilai keberlanjutan, dan komitmen terhadap perubahan sosial (Kidman & Casinader, 2019). Berbagai studi pada periode 2020-2025 menunjukkan hasil positif dari penerapan pendekatan inkuiri berorientasi ESD dalam pendidikan formal, seperti peningkatan literasi lingkungan, kemampuan berpikir sistemik, dan keterampilan kolaboratif murid (Weatherhead, 2020; Kamdi et al., 2022; Matitaputty et al., 2022; Boeve-de Pauw et al., 2022). Perkembangan ini juga mencerminkan pergeseran paradigma dari pengembangan kurikulum tradisional menuju pembelajaran yang lebih eksperiensial dan transformatif (Aribowo et al., 2025).

Meski publikasi mengenai ESD terus meningkat, kajian terkini masih menunjukkan adanya kesenjangan dalam pemahaman yang komprehensif terkait bagaimana pendekatan inkuiri berorientasi ESD secara efektif mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21 pada beragam konteks pembelajaran. Analisis bibliometrik publikasi ESD periode 2020–2024 mengindikasikan tren pertumbuhan yang signifikan, namun sebagian besar studi masih bersifat terpisah-pisah sehingga belum menghasilkan sintesis yang utuh mengenai strategi pedagogis yang paling efektif (Rodríguez-Zurita et al., 2025; Grosseck, 2019). Kondisi ini menguatkan urgensi penggabungan inkuiri dan ESD. Inkuiri menyediakan proses belajar aktif berbasis penyelidikan melalui kegiatan merumuskan masalah, menguji bukti, dan membangun penjelasan, sedangkan ESD menyediakan konteks isu keberlanjutan yang autentik dan multidimensional. Integrasi keduanya membuat pembelajaran lebih relevan sekaligus memperkuat keterampilan abad ke-21 (kritis, kreatif, kolaboratif, dan pengambilan keputusan bertanggung jawab) secara lebih utuh lintas situasi belajar.

Namun, implementasi pendekatan ini masih menghadapi tantangan utama, seperti variasi konseptualisasi keterampilan abad ke-21, ketidakkonsistenan indikator keberlanjutan yang digunakan, serta keterbatasan dalam mengukur dampak jangka panjang terhadap perilaku berkelanjutan peserta didik (Günther et al., 2022). Selain itu, faktor kontekstual seperti budaya belajar, ketersediaan teknologi, dan kesiapan guru turut memengaruhi efektivitas pendekatan, tetapi belum banyak dipetakan secara sistematis dalam literatur (Evans et al., 2021). Kekosongan ini berimplikasi pada kurangnya rujukan terpadu bagi peneliti dan praktisi untuk menentukan komponen implementasi yang benar-benar krusial, menentukan indikator keberhasilan yang konsisten, serta merancang intervensi yang adaptif sesuai konteks.

Untuk menjawab tantangan tersebut, *systematic literature review* (SLR) menjadi pendekatan metodologis yang relevan guna mengidentifikasi pola, tren, dan celah penelitian yang ada. Dengan meninjau secara sistematis literatur ilmiah terbit tahun 2020-2025, studi ini bertujuan menyintesis bukti empiris mengenai implementasi pendekatan inkuiri berorientasi ESD dalam pengembangan keterampilan abad ke-21, sekaligus memberikan rekomendasi berbasis bukti untuk praktik pendidikan berkelanjutan yang lebih efektif. Kontribusi arah penelitian yang dilakukan tidak hanya merangkum temuan-temuan yang tersebar, tetapi juga menyusun peta pengetahuan yang menautkan (1) keterampilan abad ke-21 yang paling dominan dibahas, (2) model-model inkuiri yang paling sering digunakan beserta karakteristik implementasinya, dan (3) faktor pendukung serta hambatan yang berulang pada berbagai konteks. Sintesis ini diharapkan menjadi dasar bagi agenda riset berikutnya, misalnya penguatan studi lintas jenjang dan lintas negara, pengembangan instrumen asesmen yang selaras antara 4Cs dan kompetensi keberlanjutan, serta penelitian longitudinal untuk menilai dampak jangka panjang terhadap perilaku berkelanjutan peserta didik.

Secara khusus, penelitian ini menjawab lima pertanyaan utama, yaitu bagaimana tren publikasi ilmiah terkait pendekatan inkuiri berorientasi ESD dalam konteks pengembangan keterampilan abad ke-21 selama dekade terakhir, keterampilan abad ke-21 apa saja yang paling sering dikaitkan dengan pendekatan inkuiri berorientasi ESD dalam literatur ilmiah, serta bagaimana karakteristik implementasi pendekatan inkuiri berorientasi ESD yang dinilai efektif dalam mendukung pengembangan keterampilan abad ke-21. Selain itu, penelitian ini mengkaji berbagai tantangan yang muncul beserta rekomendasi yang diusulkan dalam penerapan pendekatan tersebut pada beragam konteks pendidikan, sekaligus mengidentifikasi celah riset (*research gaps*) yang masih terbuka dalam kajian mengenai kontribusi pendekatan inkuiri berorientasi ESD terhadap penguatan keterampilan abad ke-21.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review* (SLR) berdasarkan pedoman PRISMA 2020 untuk memastikan transparansi dan ketelitian dalam proses identifikasi, seleksi, dan sintesis studi (Riesenberg & Justice, 2014; Page et al., 2021). Tujuannya adalah menyusun bukti empiris tentang efektivitas pendekatan inkuiri berorientasi *Education for Sustainable Development* (ESD) dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21.

Strategi Pencarian

Pencarian literatur dilakukan melalui database *Scopus* dan *Google Scholar* menggunakan aplikasi *Publish or Perish* karena kedua sumber ini saling melengkapi untuk kebutuhan pemetaan atau bibliometrik. *Scopus* dipilih sebagai sumber utama karena menyediakan cakupan multidisipliner dengan proses kurasi yang relatif ketat, kualitas metadata yang baik, serta konsistensi pengindeksan yang mendukung analisis tren dan sitasi secara lebih andal

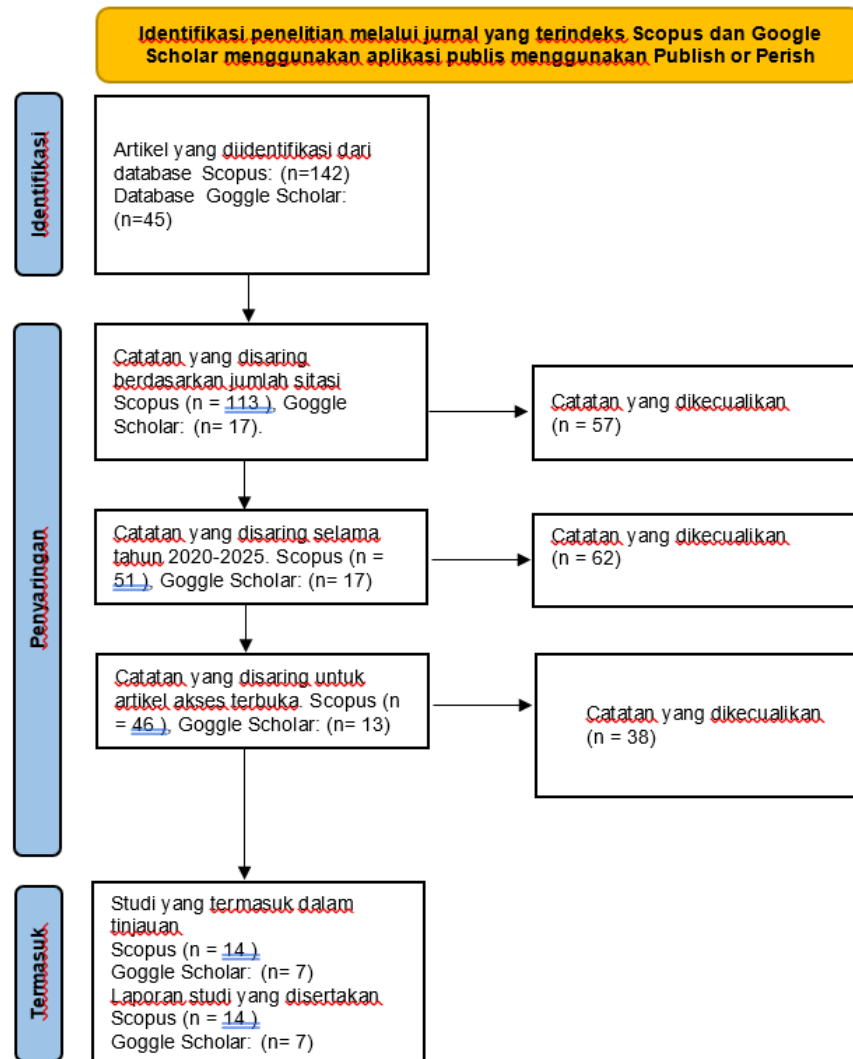
(Mongeon & Paul-Hus, 2016; Singh et al., 2021). Sementara itu, *Google Scholar* digunakan sebagai pelengkap untuk memperluas jangkauan temuan, terutama untuk menangkap artikel yang belum atau tidak terindeks di *Scopus*, termasuk publikasi dari konteks regional, prosiding, atau naskah yang relevan namun berada di luar cakupan indeks komersial, sehingga mengurangi risiko bias cakupan (*coverage bias*) ketika topik yang dikaji bersifat lintas bidang dan praktiknya beragam. Namun, artikel yang ditelusuri melalui *Google Scholar* bersifat heterogen karena mesin pencarinya mengindeks berbagai jenis dokumen (artikel jurnal, prosiding, laporan, hingga *preprint*), serta kualitas metadata dan sitasi dapat bervariasi, karena itu, *Publish or Perish* diposisikan sebagai alat bantu ekstraksi dan pengelolaan data (misalnya jumlah sitasi, tahun terbit, dan tautan sumber), bukan sebagai penjamin mutu artikel. Kualitas artikel dari *Google Scholar* tetap dijaga melalui tahapan seleksi yang ketat misalnya pembatasan tahun terbit, penyaringan relevansi judul/abstrak, pengecekan akses penuh, dan verifikasi bahwa dokumen merupakan artikel ilmiah yang dapat ditelusuri sumber penerbitnya, sehingga hanya publikasi yang memenuhi kriteria metodologis dan kesesuaian topik yang dimasukkan dalam analisis. Kata kunci yang digunakan adalah “*inquiry based learning*” OR “*Education for Sustainable Development (ESD)*” AND “*21st century skills*”, dengan operator Boolean digunakan untuk memperluas cakupan istilah yang relevan (Gusenbauer & Haddaway, 2020). Pencarian dilakukan pada 2 Juni 2025 dengan batasan tahun publikasi 2020–2025 karena rentang ini dipilih untuk merepresentasikan perkembangan riset paling mutakhir dalam lima sampai enam tahun terakhir (*state-of-the-art*), ketika kajian ESD dan penguatan keterampilan abad ke-21 mengalami akselerasi serta banyak inovasi implementasi pembelajaran muncul di berbagai konteks. Pembatasan ini juga menjaga keterbaruan temuan sekaligus membuat dataset tetap terkelola untuk dianalisis secara mendalam. Kriteria kelayakan studi selanjutnya dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

No	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
1	Publikasi dalam kurun waktu 2020-2025 untuk memastikan relevansi dengan perkembangan terkini dalam ESD dan keterampilan abad ke-21	Artikel review, editorial, atau <i>commentary</i> tanpa data empiris baru
2	Publikasi yang sudah pernah disitasi minimal 1 kali sitasi	Fokus utama bukan pada pendekatan inkuiri atau ESD
3	Publikasi yang dapat diakses	Tidak melaporkan <i>outcomes</i> yang berkaitan dengan keterampilan abad ke-21
4	Secara eksplisit mengukur atau mengevaluasi dampak terhadap minimal satu komponen keterampilan abad ke-21 (berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, kolaborasi, literasi digital, atau pemecahan masalah).	<i>Duplicate publications</i> atau <i>multiple reports</i> dari studi yang sama

Proses Seleksi Studi

Proses seleksi akan didokumentasikan menggunakan PRISMA flow diagram untuk memberikan transparansi tentang jumlah artikel yang diidentifikasi, diskriming, dan dimasukkan dalam analisis final (Page et al., 2021).



Gambar 1. Prosedur PRISMA

Proses identifikasi awal menghasilkan 187 artikel, terdiri atas 142 artikel dari *Scopus* dan 45 artikel dari *Google Scholar*, kemudian dilakukan penyaringan berlapis melalui tiga tahap utama. Pada tahap pertama, artikel diseleksi berdasarkan jumlah sitasi dengan ketentuan minimal satu sitasi, sehingga tersisa 113 artikel dari *Scopus* dan 17 artikel dari *Google Scholar*, sementara 57 artikel dikecualikan. Tahap kedua memfokuskan seleksi pada artikel yang diterbitkan dalam rentang 2020-2025 untuk memastikan data yang dikaji mutakhir dan relevan dengan perkembangan keterampilan abad ke-21; pada tahap ini, artikel yang lolos berjumlah 51 dari *Scopus* dan 17 dari *Google Scholar*, sedangkan 62 artikel dikeluarkan. Tahap ketiga dilakukan dengan membatasi pada artikel yang dapat diakses secara terbuka (*open access*), sehingga diperoleh 46 artikel dari *Scopus* dan 13 dari *Google Scholar*, sementara 38 artikel dikecualikan karena tidak tersedia dalam format akses terbuka. Pada akhir proses seleksi, hanya 21 artikel yang memenuhi seluruh kriteria inklusi dan dimasukkan ke dalam kajian sistematis ini, terdiri dari 14 artikel dari *Scopus* dan 7 artikel dari *Google Scholar*, yang selanjutnya dianalisis secara mendalam untuk mengidentifikasi tren, tema, dan kontribusinya terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21 melalui pendekatan inkuiri berorientasi ESD.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan pustaka sistematis ini meneliti artikel-artikel yang diterbitkan dalam rentang waktu antara tahun 2020 hingga 2025, dengan fokus pada implementasi pendekatan inkuiri berorientasi *Education for Sustainable Development* (ESD) dalam pengembangan keterampilan abad ke-21. Berdasarkan kriteria inklusi yang telah ditetapkan, sebanyak 21 artikel ilmiah berhasil diidentifikasi dan dianalisis lebih lanjut. Tabel 2 menyajikan hasil analisis terhadap artikel-artikel tersebut, mencakup informasi mengenai tahun publikasi, konteks penelitian, jenis pendekatan inkuiri yang digunakan, keterampilan abad ke-21 yang dikaji, serta temuan utama dari masing-masing studi.

Tabel 2. Hasil analisis 21 Artikel

No	Judul Artikel/Penulis/Tahun	Tujuan Penelitian	Temuan/Hasil
1	Application of the Inquiry-Based Learning Model with Education for Sustainable Development to Enhance Critical Thinking Skills and Sustainable. (Setiyaningsih et al., 2024). Indonesia	Untuk mengevaluasi peningkatan keterampilan berpikir kritis dan kesadaran keberlanjutan siswa melalui model pembelajaran berbasis inkuiri yang diintegrasikan dengan konten ESD.	Integrasi IBL-ESD meningkatkan berpikir kritis karena isu keberlanjutan menghadirkan masalah autentik yang menuntut siswa menafsirkan informasi, menganalisis bukti, dan mengevaluasi pilihan, sehingga N-Gain paling kuat muncul pada indikator interpretasi, analisis, dan evaluasi. Korelasi positif antara berpikir kritis dan kesadaran keberlanjutan mengisyaratkan keterkaitan antara penalaran berbasis bukti dan sensitivitas terhadap dampak sosial-ekologis, meski hubungan kausal masih perlu diuji lebih lanjut. Secara pedagogis, temuan ini menegaskan IBL-ESD relevan bagi pembelajaran IPA karena menguatkan proses ilmiah sekaligus orientasi keputusan yang bertanggung jawab.
2	Penerapan Model Problem Based Learning berbasis Education for Sustainable Development untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis (Hoerunnisa et al., 2024) Indonesia	Mengetahui perbedaan peningkatan keterampilan berpikir kritis siswa antara kelas yang menggunakan model PBL berbasis ESD dan yang hanya menggunakan PBL biasa, serta menilai respons siswa terhadap model tersebut.	Secara pedagogis, artikel ini menegaskan bahwa ESD bukan sekadar “tema tambahan”, melainkan dapat berfungsi sebagai konteks autentik yang membuat PBL lebih menuntut analisis bukti, pertimbangan dampak, dan pemilihan strategi pemecahan masalah komponen inti berpikir kritis. Namun, untuk memperkuat klaim, penelitian lanjutan perlu menguji konsistensi hasil pada konteks sekolah berbeda serta melihat dampak jangka panjang terhadap pengambilan keputusan dan perilaku berkelanjutan siswa.
3	Peningkatan Literasi Sains dan Berpikir Kritis melalui ESD di SMPN 2 Bojong. (Tahmid et al., 2024) Indonesia	Mengevaluasi efektivitas perangkat pembelajaran sains berbasis ESD pada materi pencemaran lingkungan dalam meningkatkan literasi sains, keterampilan berpikir kritis, dan kesadaran lingkungan siswa.	Pembelajaran sains berbasis ESD pada isu pencemaran lingkungan memperkuat literasi sains dan berpikir kritis melalui keterkaitan konsep dengan masalah nyata, analisis bukti, dan perumusan solusi. Proyek ESD juga menumbuhkan kesadaran lingkungan, sehingga capaian belajar berkembang dari pemahaman konsep menjadi sikap dan tindakan. Temuan ini menegaskan ESD relevan dalam pendidikan IPA karena mengintegrasikan pemahaman ilmiah, penalaran, dan kepedulian keberlanjutan.

No	Judul Artikel/Penulis/Tahun	Tujuan Penelitian	Temuan/Hasil
4	Meningkatkan kemampuan kolaborasi melalui model guided inquiry berbasis education for sustainable development pada materi biotik dan abiotik. (Rodliyah & Fadly, 2023) Indonesia	Mengetahui efektivitas model Guided Inquiry berbasis ESD dalam meningkatkan kemampuan kolaborasi siswa SMP.	Model Guided Inquiry berbasis ESD lebih efektif daripada pembelajaran biasa dalam meningkatkan kolaborasi siswa pada materi biotik–abiotik. Guided inquiry memberi struktur kerja kelompok dalam proses penyelidikan, sementara konteks ESD menghadirkan masalah autentik yang mendorong komunikasi, negosiasi, dan pengambilan keputusan bersama. Meski komunikasi berkembang kuat, aspek kontribusi menunjukkan perlunya strategi pemerataan peran agar partisipasi setiap anggota kelompok lebih seimbang. perangkat pembelajaran Project-Based Inquiry Science terintegrasi pendidikan lingkungan dinilai layak dan konsisten, sehingga memiliki dasar kuat untuk diterapkan sebagai sarana penguatan berpikir kritis. Integrasi proyek–inkuiri memberi aktivitas penyelidikan masalah lingkungan yang menuntut analisis bukti dan penyusunan solusi. Keterbatasan utamanya adalah kebutuhan waktu implementasi yang lebih panjang, sehingga efektivitas di kelas akan bergantung pada manajemen waktu dan kesiapan sumber daya.
5	Validitas Perangkat Pembelajaran Project-Based Inquiry Science Terintegrasi Pendidikan Lingkungan untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis. (Septyaningrum & Lestari, 2023) Indonesia	Menganalisis validitas perangkat pembelajaran model Project-Based Inquiry Science terintegrasi pendidikan lingkungan untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa.	RPP Fisika SMA masih lemah dalam mengintegrasikan prinsip ESD, sehingga ESD belum menjadi kerangka yang menuntun tujuan, aktivitas, dan asesmen. Kelemahan paling menonjol tampak pada aspek kesadaran diri, sementara kompetensi keberlanjutan seperti berpikir sistemik, antisipatif, kolaboratif, dan pemecahan masalah belum terakomodasi secara utuh. Temuan ini menegaskan perlunya penguatan kapasitas guru dan pengembangan format RPP yang lebih operasional agar ESD dapat diterjemahkan menjadi pembelajaran fisika yang kontekstual dan berbasis isu keberlanjutan.
6	Analisis Potensi RPP Education for Sustainable Development pada Mata Pelajaran Fisika SMA. (Meda, 2022) Indonesia	Mendeskripsikan kesesuaian RPP mata pelajaran Fisika dengan prinsip-prinsip Education for Sustainable Development (ESD).	<i>Web Based Inquiry Learning</i> (WBIL) berorientasi ESD pada materi pencemaran lingkungan efektif meningkatkan kemampuan berinkuiri sekaligus kepedulian lingkungan siswa. Pemanfaatan platform web memperkaya proses inkuiri melalui eksplorasi informasi dan penalaran berbasis bukti, sementara konteks ESD mengarahkan aktivitas pada pemahaman dampak dan tanggung jawab lingkungan. Temuan ini menguatkan peran teknologi sebagai pengungkit inkuiri-ESD, meski perlu pengujian lanjutan pada konteks akses digital yang berbeda.
7	Efektivitas Web Based Inquiry Learning pada Materi Pencemaran Lingkungan dalam Konteks ESD. (Kamdi et al., 2023) Indonesia	Untuk mengetahui efektivitas <i>Web Based Inquiry Learning</i> (WBIL) dalam konteks ESD pada materi pencemaran lingkungan dalam meningkatkan kemampuan berinkuiri dan sikap kepedulian lingkungan siswa.	pengembangan kurikulum abad ke-21 berkaitan kuat dengan tiga elemen <i>Community of Inquiry</i> (CoI): kehadiran kognitif, sosial, dan pengajaran. Temuan ini menegaskan bahwa keterampilan abad ke-21 tumbuh optimal ketika pembelajaran dirancang untuk mendorong penalaran berbasis masalah, kolaborasi dan dialog yang
8	Towards developing a 21st century curriculum through the perspective of the community of inquiry (CoI) framework. (Yidana, & Aboagye, 2024) Ghana	Menganalisis hubungan antara kehadiran kognitif, sosial, dan pengajaran dalam CoI framework dengan pengembangan kurikulum abad ke-21.	

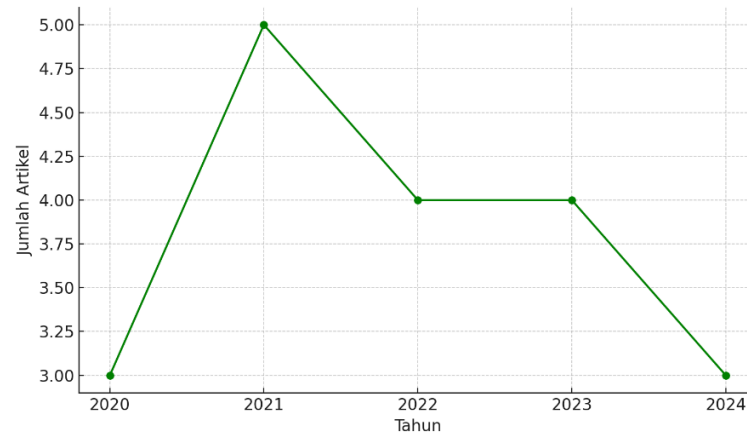
No	Judul Artikel/Penulis/Tahun	Tujuan Penelitian	Temuan/Hasil
9	Assessing Students' Awareness of 4Cs Skills after Mobile-Technology-Supported Inquiry-Based Learning. (<i>Kousloglou et al., 2023</i>) Yunani	Menilai kesadaran siswa SMA terhadap keterampilan 4Cs (Kolaborasi, Komunikasi, Berpikir Kritis & Pemecahan Masalah, dan Kreativitas) setelah mengikuti pembelajaran berbasis inkuiri yang didukung teknologi mobile.	bermakna, serta fasilitasi dosen yang terarah melalui <i>scaffolding</i> dan umpan balik. Karena itu, CoI direkomendasikan sebagai kerangka kurikulum yang lebih holistik, terutama untuk konteks pembelajaran perguruan tinggi dan blended/daring. Pembelajaran inkuiri yang didukung teknologi mobile meningkatkan kesadaran siswa terhadap keterampilan 4Cs, terutama pada kolaborasi dan komunikasi, karena teknologi memudahkan koordinasi, berbagi informasi, dan umpan balik selama penyelidikan. Peningkatan pada berpikir kritis dan kreativitas lebih moderat, mengisyaratkan bahwa dua keterampilan ini memerlukan desain tugas dan <i>scaffolding</i> yang lebih eksplisit, bukan sekadar dukungan teknologi. Temuan kuantitatif yang konsisten dengan respons terbuka siswa memperkuat bahwa perubahan tersebut berbasis pengalaman belajar yang nyata.
10	Tracking the transformative values of a youth ESD program: a post-program examination through qualitative inquiry. (<i>Park & Pak, 2025</i>) Korea Selatan	Menelusuri dampak jangka panjang partisipasi remaja dalam program ESD terhadap pandangan dan tindakan mereka di masa dewasa.	partisipasi remaja dalam program ESD dapat berdampak jangka panjang hingga dewasa, terutama dalam membentuk rasa kebersamaan, keterikatan pada isu lingkungan lokal, dan kemandirian mengambil keputusan yang berorientasi keberlanjutan. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan ESD tidak hanya terlihat dari hasil belajar jangka pendek, tetapi juga dari perubahan nilai, identitas, dan agensi yang mendorong tindakan berkelanjutan dalam kehidupan nyata.
11	The Development and Validation of an Instrument for Assessing Science Teacher Competency to Teach ESD. (<i>Eliyawati et al., 2023</i>) Indonesia dan Jepang	Mengembangkan dan memvalidasi instrumen untuk menilai kompetensi guru sains dalam mengajarkan Education for Sustainable Development (ESD).	Instrumen untuk menilai kompetensi guru sains dalam mengajar ESD yang mencakup tujuh kompetensi dan terbukti memiliki validitas serta reliabilitas sangat tinggi. Kontribusi utamanya adalah menyediakan alat ukur yang operasional untuk memetakan kesiapan guru, mengidentifikasi kebutuhan pelatihan, dan mengevaluasi program pengembangan profesional terkait integrasi ESD. Ke depan, instrumen ini dapat diperkuat melalui pengujian hubungan skor dengan kualitas praktik ESD di kelas dan dampaknya pada hasil belajar siswa.
12	Opportunities to Stimulate the Critical Thinking Performance of Preservice Science Teachers Through the Ethno-Inquiry Model in an E-Learning Platform. (<i>Prayogi et al., 2022</i>) Indonesia	Menganalisis pengaruh model ethno-inquiry dalam platform e-learning terhadap kemampuan berpikir kritis calon guru sains.	Model ethno-inquiry berbasis e-learning lebih efektif daripada pembelajaran biasa dalam meningkatkan berpikir kritis calon guru sains. Kekuatan model ini ada pada konteks etnosains yang membuat masalah lebih autentik, dipadukan dengan inkuiri yang menuntut analisis bukti, inferensi, evaluasi, dan pengambilan keputusan. Implikasinya, desain pembelajaran daring yang mengaitkan sains dengan konteks lokal berpotensi memperkuat kompetensi berpikir kritis calon guru sekaligus kesiapan pedagogisnya.

No	Judul Artikel/Penulis/Tahun	Tujuan Penelitian	Temuan/Hasil
13	Exploring the nature and culture of science as an academic discipline: implications for the integration of education for sustainable development. (Hogan & O'Flaherty, 2022) Irlandia	Mengeksplorasi karakteristik (nature) dan budaya (culture) ilmu pengetahuan dalam konteks akademik untuk mendukung integrasi pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan (ESD).	Integrasi ESD dalam pendidikan sains tidak cukup sebagai tambahan konten, karena sains memiliki <i>nature</i> dan <i>culture</i> (cara kerja, nilai, dan norma) yang membentuk praktik akademiknya. Karena isu keberlanjutan bersifat kompleks dan sosial, ESD perlu diintegrasikan melalui pendekatan inkuiri yang menekankan penalaran berbasis bukti sekaligus pemahaman konteks sosial-budaya sains. Artikel ini juga menegaskan pentingnya pendekatan lintas disiplin agar pembelajaran sains mampu mengaitkan konsep ilmiah dengan dimensi sosial ekonomi dan etika dalam pengambilan keputusan berkelanjutan. Model inkuiri berbasis daring yang dikembangkan dinilai layak dan efektif untuk meningkatkan keterampilan abad ke-21 siswa fisika SMA. Kekuatan model terletak pada penggabungan proses ilmiah (langkah inkuiri) dengan pemanfaatan teknologi secara seimbang, sehingga teknologi berfungsi sebagai penguat akses informasi, interaksi, dan dokumentasi proses belajar, bukan sekadar media. Temuan ini menegaskan bahwa inkuiri online dapat menjadi desain pembelajaran fisika yang bermakna, meski perlu diuji lebih lanjut pada konteks sekolah dengan akses digital yang beragam.
14	Development of Online-based Inquiry Learning Model to Improve 21st-Century Skills of Physics Students in Senior High School. (Novitra, 2021) Indonesia	Mengembangkan model pembelajaran berbasis inkuiri online yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan keterampilan abad ke-21 siswa fisika SMA.	keterampilan pemecahan masalah fisika siswa masih rendah dan implementasi pembelajaran inkuiri di SMA belum berjalan ideal, sehingga “inkuiri” belum sepenuhnya melatih strategi pemecahan masalah berbasis bukti. Artikel ini merekomendasikan penggunaan laboratorium virtual seperti PhET dan pemilihan tingkat inkuiri yang tepat (terstruktur/terbimbing sebelum bebas) agar proses penyelidikan lebih terarah dan kemampuan problem-solving dapat berkembang bertahap.
15	Profile of Students' Physics Problem-Solving Skills and the Implementation of Inquiry (Free, Guided, and Structured) Learning in Senior High School. (Prahani et al., 2021) Indonesia	Mengidentifikasi profil keterampilan pemecahan masalah fisika siswa dan implementasi pembelajaran inkuiri (bebas, terbimbing, dan terstruktur).	inkuiri pada topik kimia industri dengan kerangka 5E efektif mengembangkan keterampilan abad ke-21 siswa. Konteks kimia industri membuat pembelajaran lebih autentik dan menuntut pemecahan masalah, kerja tim, serta komunikasi berbasis bukti, sehingga kreativitas dan kolaborasi terbentuk melalui pengalaman penyelidikan, bukan sekadar diajarkan sebagai konsep.
16	Inquiry through industrial chemistry in compulsory secondary education for the achievement of the development of the 21st century skills. (Diez-Ojeda et al., 2021) Spanyol	Mengembangkan kompetensi abad ke-21 melalui pendekatan inkuiri dalam pembelajaran kimia industri pada pendidikan menengah wajib.	Program pendidikan guru biologi berpeluang kuat mengintegrasikan ESD karena sains dapat membangun literasi ilmiah kritis tentang isu keberlanjutan. Namun, keberlanjutan di beberapa modul masih cenderung diperlakukan sebagai pengetahuan teknis, belum memberi ruang cukup untuk eksplorasi kritis dan refleksi nilai. Tantangan utama adalah menerapkan pedagogi diskursif (dialog dan argumentasi berbasis bukti) dalam tradisi pembelajaran sains yang sering berorientasi pada kepastian
17	Addressing education for sustainable development in the teaching of science: the case of a biological sciences teacher education program. (Hogan & O'Flaherty, 2021) Irlandia	Menjelaskan bagaimana hubungan antara sains dan masyarakat dalam program pendidikan guru biologi dapat mendukung atau menjadi tantangan bagi integrasi Education for Sustainable Development (ESD).	

No	Judul Artikel/Penulis/Tahun	Tujuan Penelitian	Temuan/Hasil
18	Comparing education for sustainable development in initial teacher education across four countries. (Evans et al., 2021) Skotlandia dan Kanada	Melakukan penelitian perbandingan lintas negara (cross-comparative inquiry) tentang Education for Sustainable Development (ESD) dalam initial teacher education (ITE)	konsep, sehingga diperlukan penataan kurikulum dan strategi pembelajaran yang lebih transformatif. Integrasi ESD dalam <i>initial teacher education</i> di berbagai negara sudah berjalan, tetapi bentuk dan kedalamannya dipengaruhi konteks kebijakan dan institusi masing-masing. Studi perbandingan ini menegaskan tiga pengungkit kunci implementasi ESD dalam ITE: tata kelola/regulasi, praktik pembelajaran, dan kepemimpinan. Implikasinya, ESD tidak cukup dimasukkan sebagai tema, melainkan perlu didukung kebijakan yang koheren, model praktik yang operasional, dan kepemimpinan institusional agar implementasinya konsisten.
19	Evaluating the Effect of Differentiated Inquiry-Based Science Lesson Modules on Gifted Students' Scientific Process Skills. (Ülger & Çepni, 2020) Turki	Menganalisis pengaruh modul pembelajaran sains berbasis inkuiri yang terdiferensiasi terhadap keterampilan proses ilmiah siswa berbakat.	Inkuiri terdiferensiasi efektif meningkatkan keterampilan proses ilmiah siswa berbakat, terutama pada proses dasar dan penalaran kausal karena tingkat tantangan dan <i>scaffolding</i> dapat disesuaikan. Perkembangan pada proses eksperimen lebih terbatas, mengisyaratkan perlunya latihan yang lebih terstruktur dan berulang dalam merancang serta mengontrol eksperimen.
20	The effectiveness of volcanology learning through inquiry based on education for sustainable development (Esd). (Hariyonoa & Madlazimb, 2020) Indonesia	Menguji efektivitas pembelajaran vulkanologi berbasis ESD melalui model inkuiri dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa.	pembelajaran vulkanologi berbasis inkuiri-ESD efektif meningkatkan pemahaman konsep mahasiswa. Inkuiri memperkuat penalaran berbasis data, sementara ESD memberi konteks keberlanjutan yang mengaitkan geosains dengan risiko dan keselamatan. Temuan ini menegaskan relevansi integrasi inkuiri-ESD untuk memperkuat literasi kebencanaan dan mendukung mitigasi bencana melalui pembelajaran geosains yang bermakna.
21	Teaching about sustainability through inquiry-based science in Irish primary classrooms: the impact of a professional development programme on teacher self-efficacy, competence and pedagogy. (Murphy et al., 2020) Irlandia	Mengevaluasi pengaruh program pengembangan profesional guru dalam mengajar keberlanjutan melalui pendekatan inkuiri.	program pengembangan profesional guru efektif memperkuat efikasi diri, kompetensi, dan praktik pedagogik dalam mengajar keberlanjutan melalui <i>Inquiry-Based Science Education</i> (IBSE) di sekolah dasar. Pelatihan mendorong pergeseran dari pengajaran berpusat pada materi menuju inkuiri yang lebih dialogis dan kritis terhadap isu keberlanjutan. Temuan ini menegaskan bahwa keberhasilan ESD sangat ditentukan oleh kesiapan guru dan dukungan pelatihan berbasis praktik.

Tren Publikasi Ilmiah Pendekatan Inkuiri Berorientasi ESD (2015-2025)

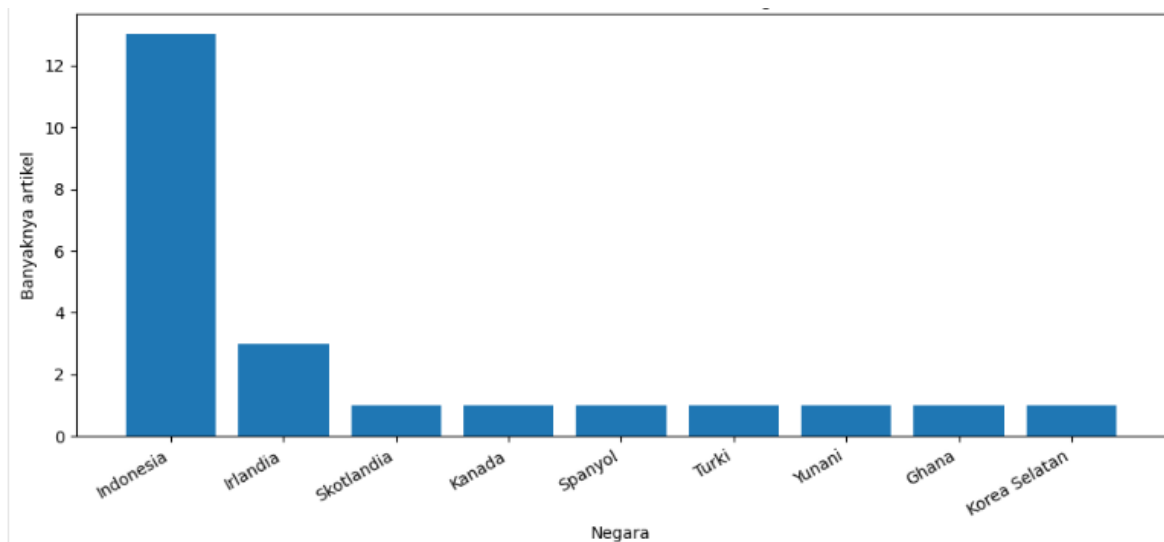
Kajian sistematis terhadap 21 artikel yang membahas pendekatan inkuiri berorientasi *Education for Sustainable Development* (ESD) selama periode 2020 hingga 2025 menunjukkan dinamika yang cukup signifikan dari segi temporal maupun geografis. Secara temporal, peningkatan publikasi terlihat sangat menonjol pada rentang tahun 2020 hingga 2021. Seperti ditunjukkan pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Tren Publikasi Inkuiri Berorientasi ESD (2020-2025)

Dari hasil analisis sebanyak 8 artikel atau sekitar 38% dari keseluruhan publikasi diterbitkan dalam kurun waktu 2020-2021 (Setiyaningsih et al., 2024; Hoerunnisa et al., 2024; Tahmid et al., 2024; Rodliyah & Fadly, 2023; Septyaningrum & Lestari, 2023; Kamdi et al., 2022; Yidana & Aboagye, 2024; Kousloglou et al., 2023). Lonjakan ini sangat mungkin disebabkan oleh pengaruh pandemi COVID-19 yang mempercepat transformasi sistem pendidikan dan memunculkan urgensi akan pendekatan pembelajaran yang lebih fleksibel, kontekstual, serta mampu menanamkan nilai-nilai keberlanjutan secara efektif.

Selain itu disajikan juga diagram distribusi artikel berdasarkan negara untuk menggambarkan sebaran geografis publikasi yang dianalisis dalam penelitian ini. Diagram menunjukkan negara-negara yang paling dominan berkontribusi dalam kajian pendekatan inkuiri berorientasi ESD terhadap keterampilan abad ke-21, seperti ditunjukkan pada gambar 3 berikut.



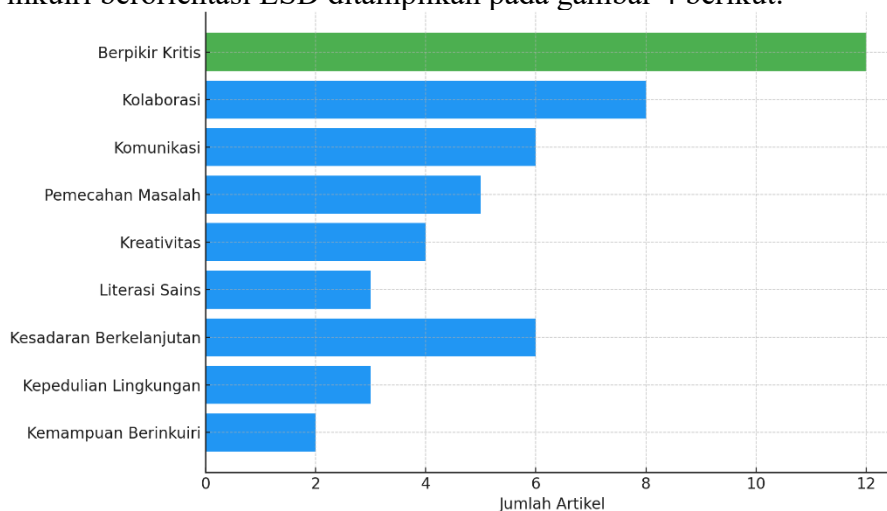
Gambar 3. Distribusi Artikel Berdasarkan Negara

Dari sisi geografis, penelitian menunjukkan dominasi Indonesia yang menyumbangkan 13 dari 21 artikel (62%) yang dianalisis (Setiyaningsih et al., 2024; Hoerunnisa et al., 2024; Tahmid et al., 2024; Rodliyah & Fadly, 2023; Septyaningrum & Lestari, 2023; Meda, 2022; Kamdi et al., 2022; Eliyawati et al., 2023; Prayogi et al., 2022; Novitra, 2021; Prahani et al., 2021; Hariyonoa & Madlazimb, 2020). Dominasi ini dapat dijelaskan oleh keterpaduan agenda SDGs-ESD dalam kebijakan nasional dalam Perpres no. 59 Tahun 2017 serta penguatan arus

utama ESD melalui inisiatif ESD for 2030. Dari sisi kurikulum, arah pembelajaran yang menekankan kompetensi dan praktik kontekstual tampak pada Dimensi Profil Lulusan dan program kokurikuler yang merupakan kegiatan penunjang intrakurikuler yang dirancang untuk memperdalam, memperkaya, dan menerapkan materi pelajaran melalui pengalaman praktis, proyek, atau kunjungan lapangan, yang selaras dengan karakter inkuiri berorientasi ESD. Selain itu, ekosistem publikasi yang besar terlihat dari banyaknya jurnal yang terdata di SINTA serta adanya dorongan kinerja publikasi di perguruan tinggi turut meningkatkan volume riset pendidikan yang terpublikasi, sehingga kontribusi Indonesia tampak lebih menonjol dalam korpus studi yang dianalisis. Sementara itu, kontribusi dari negara lain seperti Irlandia (Hogan O'Flaherty, 2022; Hogan O'Flaherty, 2021; Murphy et al., 2020), Skotlandia dan Kanada (Evans et al., 2021), Spanyol (Diez-Ojeda et al., 2021), Turki (Ülger & Çepni, 2020), Yunani (Kousloglou et al., 2023), Ghana (Yidana & Aboagye, 2024), dan Korea Selatan (Park & Pak, 2025) menyumbang 38% dari total publikasi hasil analisis. Meskipun proporsinya lebih kecil, kehadiran artikel-artikel dari negara-negara ini memperkaya perspektif internasional mengenai integrasi pendekatan inkuiri dalam konteks ESD. Hal ini juga menunjukkan bahwa upaya untuk mengembangkan pendidikan yang berkelanjutan dengan pendekatan aktif seperti inkuiri telah melintasi batas-batas geografis dan sistem pendidikan yang berbeda.

Keterampilan Abad 21 yang Paling Sering Dikaitkan dengan Pendekatan Inkuiri Berorientasi ESD

Analisis terhadap 21 artikel yang mengkaji pendekatan inkuiri berorientasi *Education for Sustainable Development* (ESD) menunjukkan bahwa keterampilan abad ke-21 menjadi elemen kunci dalam implementasi pembelajaran. Frekuensi keterampilan abad 21 dalam pendekatan inkuiri berorientasi ESD ditampilkan pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Frekuensi Keterampilan Abad 21 dalam Pendekatan Inkuiri Berorientasi ESD

Keterampilan berpikir kritis menjadi yang paling dominan, muncul dalam 12 artikel (57%) seperti ditunjukkan oleh Setiyaningsih et al. (2024), Hoerunnisa et al. (2024), dan Ülger & Çepni (2020), karena pembelajaran inkuiri berorientasi ESD umumnya menekankan analisis isu keberlanjutan berbasis bukti, menafsirkan informasi, mengevaluasi argumen, dan mengambil keputusan. Sehingga keterampilan ini dianggap fundamental untuk menghadapi kompleksitas isu secara reflektif dan solutif. Selain itu, kolaborasi disebut dalam 8 artikel (38%) (misalnya Rodliyah & Fadly, 2023; Diez-Ojeda et al., 2021) sebagai keterampilan penting untuk menjawab tantangan global yang memerlukan kerja sama lintas disiplin,

sedangkan komunikasi yang muncul dalam 6 artikel (29%) (Yidana & Aboagye, 2024; Murphy et al., 2020) mendukung praktik dialogis dalam proses belajar ESD yang inklusif. Keterampilan pendukung lainnya seperti pemecahan masalah (24%) (Prahani et al., 2021; Kousloglou et al., 2023), kreativitas (19%) (Novitra, 2021), dan literasi sains (14%) (Tahmid et al., 2024; Hogan & O'Flaherty, 2021) juga diidentifikasi sebagai komponen penting, namun kreativitas cenderung lebih rendah dibanding berpikir kritis karena menuntut ruang *divergent thinking*, iterasi, serta asesmen produk yang beragam, sering dibatasi oleh waktu, target kurikulum, dan pola penilaian yang lebih menekankan jawaban “benar”. Kreativitas biasanya lebih tampak ketika desainnya eksplisit berbasis produk atau didukung teknologi (Novitra, 2021; Kousloglou et al., 2023). Sementara itu, kesadaran berkelanjutan (29%), kepedulian lingkungan (14%), dan kemampuan berinkuiri (10%) menjadi target afektif yang ingin dibentuk melalui pendekatan ini (Park & Pak, 2025; Kamdi et al., 2022).

Keterkaitan antara keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan komunikasi selaras dengan kerangka 4Cs yang mendasari pendidikan abad ke-21. Kousloglou et al. (2023) menegaskan bahwa pendekatan inkuiri berbasis teknologi dapat mengembangkan keempat keterampilan tersebut secara simultan. Dengan demikian, integrasi pendekatan inkuiri dan ESD berpotensi kuat dalam membentuk pembelajar yang reflektif, kreatif, dan berorientasi pada keberlanjutan global.

Karakteristik Implementasi Pendekatan Inkuiri Berorientasi ESD yang Efektif

Analisis terhadap artikel-artikel yang membahas pendekatan inkuiri berorientasi *Education for Sustainable Development* (ESD) menunjukkan bahwa efektivitas implementasi sangat ditentukan oleh model pembelajaran, integrasi teknologi, asesmen, kompetensi guru, dan dukungan kurikulum.

Model yang paling banyak digunakan secara efektif adalah *guided inquiry*, yang memadukan *scaffolding* guru dengan otonomi belajar siswa. Model ini terbukti meningkatkan hasil belajar secara signifikan, dengan skor N-Gain 0,56–0,72 (Hoerunnisa et al., 2024; Rodliyah & Fadly, 2023). Di samping itu, *problem-based learning* (PBL) juga terbukti efektif, terutama saat digunakan untuk mengangkat isu keberlanjutan yang kontekstual dan autentik (Hoerunnisa et al., 2024). Model lain seperti *project-based inquiry* terbukti valid secara isi (86,48%) dan mendorong hasil nyata, meski menuntut waktu dan manajemen kelas yang baik (Septyaningrum & Lestari, 2023). Teknologi menjadi penguat penting: pendekatan berbasis *web* dan *mobile* terbukti meningkatkan keterampilan inkuiri (Kamdi et al., 2022) dan kesadaran 4Cs (Kousloglou et al., 2023). Penggunaan platform digital juga mendukung pendekatan etno-inkuiri yang berbasis kearifan lokal (Prayogi et al., 2022).

Dari sisi asesmen, strategi formatif digunakan untuk memantau perkembangan berpikir kritis (Tahmid et al., 2024), sementara asesmen berbasis proyek dan *self-assessment* membantu menilai produk autentik dan kesadaran diri siswa (Kousloglou et al., 2023). Kompetensi guru menjadi faktor krusial, mencakup pedagogi inkuiri, literasi ESD, teknologi, dan fasilitasi berpikir kritis (Eliyawati et al., 2023).

Akhirnya, kurikulum yang mengintegrasikan prinsip-prinsip ESD secara sistematis dan kontekstual menjadi dasar yang memungkinkan pembelajaran transformatif. Keterkaitan materi dengan isu lokal dan global memberi makna lebih dalam bagi siswa dalam memahami dan mengatasi tantangan keberlanjutan (Eliyawati et al., 2023). Dengan demikian, keberhasilan implementasi pendekatan ini tidak bergantung pada satu aspek tunggal, melainkan pada sinergi antar unsur pembelajaran yang saling mendukung secara berkelanjutan.

Tantangan dan Rekomendasi dalam Penerapan Pendekatan Inkuiri Berorientasi ESD

Implementasi pendekatan inkuiri berorientasi *Education for Sustainable Development* (ESD) menghadapi tantangan pada tiga level, yakni sistemik, implementatif, dan pedagogis. Secara sistemik, tantangan utama tampak pada rendahnya integrasi prinsip ESD dalam dokumen perencanaan pembelajaran; analisis RPP menunjukkan tingkat integrasi yang masih bervariasi dan cenderung rendah (Meda, 2022). Kondisi ini diperkuat oleh keterbatasan kompetensi guru dalam mengintegrasikan pedagogi inkuiri dengan ESD (Eliyawati et al., 2023), rigiditas kurikulum, serta belum matangnya sistem asesmen yang mampu mengukur keterampilan abad ke-21 dan *sustainability awareness* secara valid dan kontekstual. Dari sisi implementasi, hambatan kerap muncul pada keterbatasan waktu dan sumber daya (misalnya teknologi dan materi pembelajaran) (Septyaningrum & Lestari, 2023), perbedaan kesiapan siswa terkait pengetahuan awal dan keterampilan inkuiri (Prahani et al., 2021), serta tantangan mengontekstualisasikan isu keberlanjutan global agar dekat dengan realitas lokal peserta didik. Secara pedagogis, guru menghadapi dilema antara pemberian *scaffolding* dan menjaga otonomi siswa, disertai kebutuhan mengembangkan asesmen autentik untuk berpikir kritis, kolaborasi, dan kreativitas, serta memastikan keterampilan tersebut dapat ditransfer ke dunia nyata.

Berdasarkan temuan tersebut, rekomendasi pada level sistemik mencakup penguatan integrasi ESD dalam kebijakan kurikulum, pelatihan guru yang komprehensif (Eliyawati et al., 2023), serta pengembangan perangkat dan teknologi pembelajaran yang mendukung. Kerangka asesmen yang fleksibel namun baku juga diperlukan agar capaian siswa dapat dievaluasi secara menyeluruh dan konsisten. Di level implementasi, strategi integrasi ESD secara bertahap dinilai lebih adaptif, disertai penguatan relevansi konteks melalui kolaborasi dengan komunitas lokal (Park & Pak, 2025), pemanfaatan teknologi digital (Novitra, 2021), dan pendekatan lintas mata pelajaran (Evans et al., 2021). Secara pedagogis, pendekatan diferensiasi (Ülger & Çepni, 2020), asesmen berbasis kinerja, aktivitas reflektif, serta pembelajaran kolaboratif dan *peer learning* (Murphy et al., 2020) penting dikembangkan untuk menumbuhkan keterampilan metakognitif dan sosial siswa secara berkelanjutan.

Implikasi bagi kebijakan nasional adalah perlunya penataan yang lebih operasional pada tiga aspek: (1) kebijakan kurikulum dan dokumen perencanaan, yaitu penyediaan pedoman/format RPP atau modul ajar yang secara eksplisit memuat indikator ESD dan keterampilan abad ke-21 agar integrasi tidak bergantung pada interpretasi individu guru (Meda, 2022); (2) kebijakan penguatan kapasitas guru, yaitu menjadikan kompetensi mengajar ESD sebagai bagian dari standar pengembangan profesional berkelanjutan serta mekanisme sertifikasi/pelatihan berbasis kebutuhan yang terukur melalui instrumen kompetensi (Eliyawati et al., 2023); dan (3) kebijakan asesmen, yaitu mendorong asesmen autentik yang menilai proses inkuiri, argumentasi berbasis bukti, kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas, bukan hanya capaian kognitif, sehingga sejalan dengan tuntutan pembelajaran inkuiri-ESD. Dengan dukungan kebijakan yang koheren, pendanaan sumber daya minimal (termasuk teknologi), serta kemitraan sekolah komunitas, pendekatan inkuiri-ESD berpeluang lebih konsisten diterapkan dan berdampak nyata pada pembentukan kompetensi abad ke-21 yang berorientasi keberlanjutan.

Research Gaps dan Agenda Penelitian Masa Depan

Analisis terhadap penelitian tentang pendekatan inkuiri berbasis *Education for Sustainable Development* (ESD) menunjukkan sejumlah celah metodologis yang signifikan. Sebagian besar studi masih menggunakan desain kuasi-eksperimental pre-post dengan kontrol terbatas, sehingga mengurangi kekuatan generalisasi. Penelitian jangka panjang masih minim, dan keberagaman konteks pendidikan terutama dari bidang humaniora dan seni belum banyak

dieksplorasi. Selain itu, pengukuran keterampilan abad ke-21 kerap tidak konsisten karena variasi instrumen dan indikator.

Dalam hal konten, isu seperti literasi digital, kewarganegaraan global, pemikiran sistemik, dan penalaran etis belum mendapat perhatian cukup. Penelitian juga belum banyak membahas tantangan implementasi ESD dalam skala besar, keberlanjutan program, serta efektivitas biaya. Bahkan, terdapat kesenjangan nyata antara hasil riset dan implementasi kebijakan pendidikan di lapangan.

Sebagai respons, agenda penelitian masa depan dibagi dalam tiga fase. Jangka pendek (1-2 tahun) menekankan studi longitudinal, validasi lintas budaya, integrasi teknologi baru dalam pedagogi ESD, dan evaluasi pelatihan guru. Jangka menengah (3-5 tahun) mencakup pengembangan kerangka implementasi skala besar, inovasi asesmen untuk kompetensi kompleks, studi kebijakan, serta integrasi kurikulum lintas disiplin. Jangka panjang (lebih dari 5 tahun) difokuskan pada kontribusi ESD terhadap pencapaian SDGs, pengembangan keterampilan masa depan, personalisasi pembelajaran dengan AI, dan peran ESD dalam transformasi sosial. Untuk mendukung arah ini, direkomendasikan penggunaan pendekatan mixed-methods, riset partisipatif, dan design-based research. Studi meta-analisis perlu diperkuat, bersama dengan pengembangan teori yang mengintegrasikan pedagogi inkuiri, ESD, dan keterampilan abad ke-21, termasuk model adaptasi budaya dan teori asesmen untuk kompetensi kompleks. Pendekatan berbasis *implementation science* juga penting untuk memastikan keberhasilan skala luas.

Pada akhirnya, urgensi akademik subbab ini adalah perlunya segera membangun bukti penelitian yang lebih kuat, konsisten, dan mudah diterapkan di berbagai konteks untuk menutup jarak antara teori, hasil riset, dan praktik di lapangan. Tanpa perbaikan desain penelitian, penyamaan cara mengukur hasil, serta penyusunan panduan penerapan yang menyesuaikan kondisi sekolah dan daerah, pendekatan inkuiri-ESD berisiko hanya menjadi gagasan yang “ideal” di atas kertas, bukan temuan ilmiah yang dapat dihimpun dan memperkuat pengetahuan secara bertahap. Karena itu, agenda riset yang lebih terarah penting agar bidang pendidikan-terutama pendidikan IPA-memiliki dasar teori dan data yang kuat untuk merancang pembelajaran berkelanjutan yang benar-benar berdampak pada keterampilan abad ke-21 dan perubahan sikap serta tindakan sosial-lingkungan.

KESIMPULAN

Artikel ini mengkaji secara sistematis penerapan pendekatan inkuiri berorientasi *Education for Sustainable Development* (ESD) dalam membentuk keterampilan abad ke-21. Hasil analisis menunjukkan bahwa pendekatan ini efektif dalam mengembangkan profil pembelajar yang kritis, kolaboratif, komunikatif, dan kreatif, sejalan dengan tren publikasi yang meningkat sejak 2020 dengan kontribusi dominan dari Indonesia. Model pembelajaran seperti *Guided Inquiry*, *Problem-Based Learning*, dan *Project-Based Inquiry Science* terbukti mendorong keterlibatan siswa dalam pembelajaran yang bermakna, terutama ketika ditunjang oleh kompetensi guru, integrasi teknologi, dan asesmen autentik. Keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan komunikasi juga tampak berkembang secara sinergis sesuai kerangka 4Cs. Namun demikian, tantangan sistemik dan implementatif masih signifikan, termasuk rendahnya integrasi ESD dalam dokumen pembelajaran, keterbatasan kapasitas guru, kurikulum yang kurang fleksibel, serta kendala sumber daya dan kesiapan siswa. Karena itu, diperlukan langkah konkret berupa penguatan kebijakan pendidikan, pelatihan guru berkelanjutan, pengembangan bahan ajar, dan sistem penilaian yang lebih kontekstual, dengan penerapan bertahap, melibatkan berbagai pihak, dan lintas mata pelajaran. Ke depan, penelitian lanjutan tetap

diperlukan, khususnya studi komparatif lintas negara dan jenjang pendidikan, penelitian jangka panjang untuk menilai dampaknya pada perilaku siswa, serta pengembangan instrumen yang lebih kuat untuk mengukur 4Cs dan kesadaran keberlanjutan secara menyeluruh. Secara reflektif, temuan ini menunjukkan bahwa keberhasilan inkuiri-ESD tidak semata ditentukan oleh model pembelajaran yang dipilih, melainkan oleh ekosistem pendukung kebijakan, kesiapan guru, sumber daya, dan asesmen, sehingga upaya membentuk generasi yang berkompeten dan berorientasi keberlanjutan menuntut konsistensi antara gagasan, praktik kelas, dan dukungan sistem pendidikan. Secara keseluruhan, pendekatan inkuiri berorientasi ESD tidak hanya inovatif secara pedagogis, tetapi juga strategis dalam membentuk generasi yang kompeten, reflektif, dan berkomitmen terhadap keberlanjutan sosial dan ekologis.

REFERENSI

- Aribowo, S., Nadiroh, N., & Faesal, M. (2025). Implementation of Experiential Learning Methods in Environmental Education. *International Journal of Business, Law, and Education*, 6(1), 468-476.
- Boeve-de Pauw, J., Olsson, D., Berglund, T., & Gericke, N. (2022). Teachers' ESD self-efficacy and practices: A longitudinal study on the impact of teacher professional development. *Environmental Education Research*, 28(6), 867-885.
- Chu, S. K. W., Reynolds, R. B., Tavares, N. J., Notari, M., & Lee, C. W. Y. (2021). *21st century skills development through inquiry-based learning from theory to practice*. Springer International Publishing.
- Diez-Ojeda, M., Queiruga-Dios, M. Á., Velasco-Pérez, N., López-Iñesta, E., & Vázquez-Dorrio, J. B. (2021). Inquiry through industrial chemistry in compulsory Secondary Education for the achievement of the development of the 21st Century skills. *Education Sciences*, 11(9), 475.
- Eliyawati, Widodo, A., Kaniawati, I., & Fujii, H. (2023). The development and validation of an instrument for assessing science teacher competency to teach ESD. *Sustainability*, 15(4), 3276.
- Elmassah, S., Biltagy, M., & Gamal, D. (2022). Framing the role of higher education in sustainable development: a case study analysis. *International journal of sustainability in higher education*, 23(2), 320-355.
- Evans, N., Inwood, H., Christie, B., & Ärlemalm-Hagsér, E. (2021). Comparing education for sustainable development in initial teacher education across four countries. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 22(6), 1351-1372.
- González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st century skills frameworks: systematic review. *Sustainability*, 14(3), 1493.
- Grosseck, G., Țiru, L. G., & Bran, R. A. (2019). Education for sustainable development: Evolution and perspectives: A bibliometric review of research, 1992–2018. *Sustainability*, 11(21), 6136.
- Günther, J., Overbeck, A. K., Muster, S., Tempel, B. J., Schaal, S., Schaal, S., ... & Otto, S. (2022). Outcome indicator development: Defining education for sustainable development outcomes for the individual level and connecting them to the SDGs. *Global Environmental Change*, 74, 102526.
- Gusenbauer, M., & Haddaway, N. R. (2020). Which academic search systems are suitable for systematic reviews or meta-analyses? Evaluating retrieval qualities of Google Scholar, PubMed, and 26 other resources. *Research synthesis methods*, 11(2), 181-217.

- Hariyono, E., & Madlazimb, S. A. (2020). The effectiveness of volcanology learning through inquiry based on education for sustainable development. *Journal of Science Education*, 20(2), 20-23.
- Hoerunnisa, M., Purnamasari, S., & Lestari, W. Y. (2024). Penerapan Model Problem Based Learning berbasis Education for Sustainable Development untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Pada Materi Pemanasan Global. *Unnes Physics Education Journal*, 13(3), 219-236.
- Hogan, D., & O'Flaherty, J. (2021). Addressing education for sustainable development in the teaching of science: The case of a biological sciences teacher education program. *Sustainability*, 13(21), 12028.
- Kamdi, N., Rochintaniawati, D., & Prima, E. C. (2022). Efektivitas Web Based Inquiry Learning pada Materi Pencemaran Lingkungan dalam Konteks ESD (Education Sustainable Development) untuk Meningkatkan Kemampuan Berinkuiri dan Kepedulian Lingkungan Siswa SMP Kelas VII. *PENDIPA Journal of Science Education*, 6(3), 733-738.
- Khofifatul, S., & Widyaningrum, R. (2023). Pengembangan Modul Ajar Online Berbasis Science Education for Sustainable Development (SESD) untuk Meningkatkan Kemampuan Membuat Keputusan. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 3(3), 276-292.
- Kidman, G., & Casinader, N. (2019). Developing teachers' environmental literacy through inquiry-based practices. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(6), em1687.
- Kousloglou, M., Petridou, E., Molohidis, A., & Hatzikraniotis, E. (2023). Assessing students' awareness of 4cs skills after mobile-technology-supported inquiry-based learning. *Sustainability*, 15(8), 6725.
- Matitaputty, J. K., Ufie, A., Ima, W., & Pattipeilohy, P. (2022). Implementasi Education for Sustainable Development (Esd) Melalui Ekopedagogi Dalam Pembelajaran Di Smp Negeri 8 Ambon. *Budimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 4(1), 109-116.
- Meda, T. (2022). Analisis Potensi RPP Education for Sustainable Development pada Mata Pelajaran Fisika SMA. *Ideguru: Jurnal Karya Ilmiah Guru*, 7(3), 344-352.
- Mongeon, P., & Paul-Hus, A. (2016). The journal coverage of Web of Science and Scopus: a comparative analysis. *Scientometrics*, 106, 213-228.
- Murphy, C., Smith, G., Mallon, B., & Redman, E. (2020). Teaching about sustainability through inquiry-based science in Irish primary classrooms: the impact of a professional development programme on teacher self-efficacy, competence and pedagogy. *Environmental Education Research*, 26(8), 1112-1136.
- Ningsih, S., Miko, N. A., Prayetno, B. E., Sari, D. P., Arnilis, Y., Tonara, A., ... & Yanti, S. (2025). Transformasi Pendidikan Untuk Mendukung Sustainable Development Goals: Mempersiapkan Generasi Muda Menghadapi Tantangan Era Society 5.0. *SAMBARA: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 3(2), 252-259.
- Novitra, F. (2021). Development of Online-Based Inquiry Learning Model to Improve 21st-Century Skills of Physics Students in Senior High School. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(9).
- Odewole, P. O., Sobowale, T. O., & Uzzi, F. O. (2023). The place of design education in achieving 4IR sustainability through the 4Cs skill-sets. *Design and Technology Education: An International Journal*, 28(2), 89-106.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *bmj*, 372.

- Park, S. Y., & Pak, S. Y. (2025). Tracking the transformative values of a youth ESD program: a post-program examination through qualitative inquiry. *Environmental Education Research*, 1-18.
- Prahani, B. K., Susiawati, E., Deta, U. A., Lestari, N. A., Yantidewi, M., Jauhariyah, M. N. R., ... & Siswanto, J. (2021, February). Profile of students' physics problem-solving skills and the implementation of inquiry (free, guided, and structured) learning in senior high school. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1747, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.
- Prayogi, S., Ahzan, S., Indriaturrahmi, I., & Rokhmat, J. (2022). Opportunities to stimulate the critical thinking performance of preservice science teachers through the ethno-inquiry model in an e learning platform. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 21(9), 134-153.
- Priandini, A. B., & Aristiawan, A. (2024). Efektivitas Model Pembelajaran Think Pair Share dengan Pendekatan Education for Sustainability Development (ESD) untuk Meningkatkan Kemampuan Kolaborasi Peserta Didik. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 4(1), 141-156.
- Puspitasari, E. (2024). SDGs-based adaptive curriculum model to improve education quality in the digital age. *Inovasi Kurikulum*, 22(1), 1-12.
- Rieckmann, M. (2018). Learning to transform the world: Key competencies in Education for Sustainable Development. *Issues and trends in education for sustainable development*, 39(1), 39-59.
- Riesenberg, L. A., & Justice, E. M. (2014). Conducting a successful systematic review of the literature, part 1. *Nursing2024*, 44(4), 13-17.
- Rodliyah, U., & Fadly, W. (2023). Meningkatkan kemampuan kolaborasi melalui model guided inquiry berbasis education for sustainable development pada materi biotik dan abiotik. *Jurnal Tadris IPA Indonesia*, 3(2), 169-179.
- Rodríguez-Zurita, D., Jaya-Montalvo, M., Moreira-Arboleda, J., Raya-Diez, E., & Carrión-Mero, P. (2025). Sustainable development through service learning and community engagement in higher education: a systematic literature review. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 26(1), 158-201.
- Septyaningrum, K., & Lestari, N. A. (2023). Validitas Perangkat Pembelajaran Project-Based Inquiry Science Terintegrasi Pendidikan Lingkungan untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis. *Jurnal Ilmu Pendidikan dan Pembelajaran*, 2(1), 1-16.
- Setiyaningsih, L. B., Riandi, R., Amprasto, A., & Mardiyah, M. (2024). Application of the Inquiry-Based Learning Model with Education for Sustainable Development to Enhance Critical Thinking Skills and Sustainable Awareness. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(10), 7790-7802.
- Singh, V. K., Singh, P., Karmakar, M., Leta, J., & Mayr, P. (2021). The journal coverage of Web of Science, Scopus and Dimensions: A comparative analysis. *Scientometrics*, 126, 5113-5142.
- Tahmid, T., Nurkhoiri, N., & Syaiful, M. (2024). Implementasi Perangkat Belajar Sains Berbasis ESD pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk Peningkatan Literasi dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa: Implementasi Perangkat Belajar Sains Berbasis ESD pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk Peningkatan Literasi dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Diklabio: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Biologi*, 8(2), 235-245.

- Ülger, B. B., & Çepni, S. (2020). Evaluating the effect of differentiated inquiry-based science lesson modules on gifted students' scientific process skills. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 10(4), 1289-1324.
- UNESCO. (2018). *Issues and trends in Education for Sustainable Development Issues and trends in Education*. Paris, France: UNESCO Publishing.
- Urdanivia Alarcon, D. A., Talavera-Mendoza, F., Rucano Paucar, F. H., Cayani Caceres, K. S., & Machaca Viza, R. (2023, May). Science and inquiry-based teaching and learning: a systematic review. In *Frontiers in Education* (Vol. 8, p. 1170487). Frontiers Media SA.
- Weatherhead, N. K. (2020). *Integrated Techniques to Increase Systems Thinking for Sustainability Education of High School Science Students Using Educational Design Research* (Doctoral dissertation, University of South Carolina).
- Yidana, M. B., & Aboagye, G. K. (2024). Towards developing a 21st century curriculum through the perspective of the community of inquiry (CoI) framework. *Cogent Social Sciences*, 10(1), 2364387.