



Bogor, 8 Agustus 2024

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN DASAR



"Tantangan Dan Inovasi Pendidikan Berbasis ESD Di Era Society 5.0"

Integrasi *Education for Sustainable Development* (ESD) Berbasis Teknologi Sekolah Dasar

Desi Nurwidiawati*

Program Studi Magister Pendidikan Dasar, Universitas Pakuan, Indonesia

*Email: desi.nurwidiawati87@gmail.com

Informasi Artikel

Abstrak

Kata Kunci

Education Sustainable;

Sekolah Dasar;

Teknologi.

Education for Sustainable Development (ESD) menjadi perhatian utama dalam sistem pendidikan saat ini, diperlukan eksplorasi lebih lanjut mengenai sejauh mana integrasi teknologi digital telah dilakukan di sekolah-sekolah dasar. Perlunya penelitian, untuk memahami efektivitas teknologi disekolah dasar dengan mengidentifikasi tantangan integrasi teknologi dalam pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi, mengkaji, dan menganalisis penelitian-penelitian terkait penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Metode penelitian yang digunakan dalam kajian ini adalah *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mencapai tujuan tersebut dilakukan kajian literatur terhadap 15 artikel jurnal internasional melalui direktori semantik scholar. Artikel-artikel ini dipilih berdasarkan relevansi dengan topik penelitian dan diterbitkan dalam kurun waktu 5 tahun terakhir. Berdasarkan penelitian ini, melalui analisis mendalam terhadap artikel-artikel tersebut, diharapkan dapat mengintegrasikan pemanfaatan teknologi untuk mengoptimalkan penggunaan teknologi dalam pendidikan pembangunan berkelanjutan disekolah dasar

Abstact

As *Education for Sustainable Development* (ESD) becomes a major concern in today's education system, further exploration of the extent to which digital technology integration has been carried out in primary schools is needed to understand the effectiveness of technology in primary schools by identifying the challenges of technology integration in education for sustainable development. The purpose of this study is to identify, review, and analyze related research studies that have been conducted previously. The research method used in this study is *Systematic Literature Review* (SLR) to achieve this goal, a literature review was conducted on 15 international journal articles through the semantic scholar directory. These articles were selected based on relevance to the research topic and published within the last 5 years. Based on this research, through in-depth analysis of these articles, it is expected to integrate the use of technology to optimize the use of technology in sustainable development education in elementary schools.

Seminar Nasional Pendidikan Dasar ke-1

berlisensi di bawah a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



PENDAHULUAN

Latar belakang dari penelitian ini meliputi fakta bahwa pendidikan di negara asing sudah mengintegrasikan pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan, termasuk dalam kurikulum sekolah dasar. Sehingga, peran integrasi ESD berbasis teknologi di sekolah dasar menjadi sangat penting untuk diterapkan di Indonesia. Karena dengan adanya integrasi ESD berbasis teknologi, diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan kesadaran siswa terhadap pentingnya keberlanjutan lingkungan (Shulla et al, 2020). Menyatakan definisi ESD adalah pendekatan pendidikan yang mendorong pemahaman mendalam tentang isu-isu keberlanjutan, seperti perubahan iklim, kesenjangan sosial, keberlanjutan sumber daya, dan lain-lain. Prinsip ESD mencakup kerjasama, partisipasi, beragamnya aspek keterampilan, sikap keberlanjutan, dan pemahaman yang tidak terpisahkan dari sistem-sistem dunia nyata. Prinsip-prinsip ini berorientasi pada transformasi pembelajaran untuk mencapai tujuan-tujuan pembangunan berkelanjutan (Glavič, 2020). Pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan di sekolah dasar memainkan peran penting dalam membentuk masa depan yang lebih baik bagi generasi berikutnya dengan menanamkan kesadaran lingkungan dan mempromosikan kewarganegaraan yang bertanggung jawab (Shutaleva et al., 2020). Pendidikan yang menekankan pada etika penggunaan teknologi akan membentuk individu yang bertanggung jawab dan peka terhadap isu-isu lingkungan, serta mendorong mereka untuk berkontribusi pada solusi yang berkelanjutan. Selain itu, teknologi sekolah dasar menawarkan peluang yang luar biasa dan tak tertandingi untuk lebih memperkaya pemahaman komprehensif siswa dan pemahaman mendalam tentang konsep-konsep terpenting ini melalui segudang dan beragam alat interaktif, pengalaman imersif, dan sumber daya yang melimpah yang mereka miliki (Marouli, 2021).

Misalnya, pemanfaatan inovatif dan integrasi simulasi realitas virtual yang mulus memungkinkan pengalaman belajar yang sangat imersif dan transformatif, sehingga memperluas cakrawala siswa dan memicu rasa ingin tahu mereka yang tak terbatas dan kehausan yang tak terpuaskan akan pengetahuan (Zafeiropoulou et al., 2021). Demikian pula, permainan pendidikan interaktif, yang dirancang dengan cermat dan dibuat dengan cermat, terbukti sangat efektif, berpengaruh, dan didorong oleh hasil dalam melibatkan siswa dan mendorong eksplorasi yang antusias dan pemeriksaan mendalam tentang dimensi keberlanjutan yang beragam dan rumit serta dampaknya yang luas (Mahmud dkk., 2020). Tujuan utama dari penelitian ini mengidentifikasi peran penting pendidikan pembangunan berkelanjutan di sekolah dasar dalam membentuk masa depan yang lebih baik bagi generasi berikutnya. Menganalisis bagaimana pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan di sekolah dasar dapat menanamkan kesadaran lingkungan dan mempromosikan kewarganegaraan yang bertanggung jawab untuk siswa. Mengevaluasi bagaimana pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan di sekolah dasar dapat menumbuhkan pemikiran kritis, mendorong kolaborasi, dan mengembangkan keterampilan pemecahan masalah pada siswa.

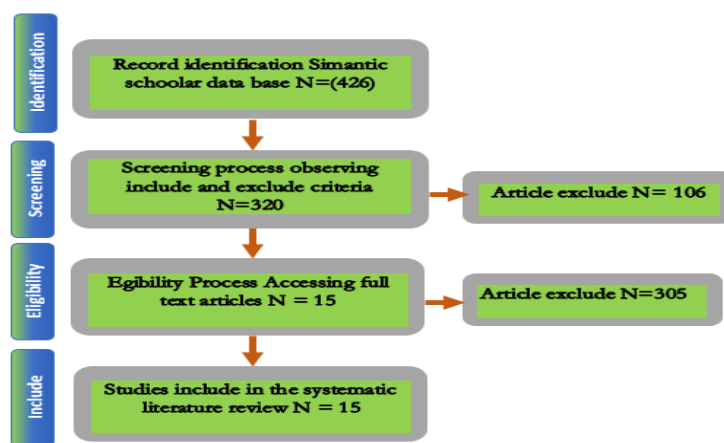
Fokus pada peran penting pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan di level sekolah dasar. Ini adalah langkah penting untuk menanamkan nilai-nilai dan keterampilan yang dibutuhkan sejak dini. Penekanan pada pendekatan holistik dan komprehensif dalam mengintegrasikan pendidikan untuk

pembangunan berkelanjutan. Kebaruan dalam penelitian ini menemukan jalan baru fokus pada pembentukan pemahaman yang lebih dalam tentang isu-isu global pada siswa sekolah dasar. Ini merupakan langkah strategis untuk mempersiapkan generasi masa depan yang siap menghadapi tantangan pembangunan berkelanjutan. Adapun pertanyaan penelitian (RQ) adalah:

- [1] : Bagaimanakah tren ESD berbasis teknologi di sekolah dasar?
- [2] : Apa saja tantangan dalam ESD berbasis teknologi di sekolah dasar?

METODE

Penelitian ini menggunakan *systematic literature review* (SLR). Metode *Systematic Literature Review* (SLR) adalah metodologi pada penelitian atau riset tertentu yang dilakukan untuk mengumpulkan serta mengevaluasi penelitian yang berkaitan dengan fokus topik tertentu (Choiri et al., 2021) . Prosedur untuk penelitian ini terdiri dari empat langkah yaitu (1) tahap identifikasi, (2) tahap screening, (3) Tahap Kelayakan, (4) Tahap Inklusi. Metode ini berfokus pada sistematis dan transparansi dalam analisis literatur mencapai analisis lengkap tentang perkembangan pengetahuan dan teori yang terkait dengan topik penelitian untuk mendapatkan wawasan yang jelas tentang tren dalam penelitian yang ada dengan menggunakan diagram alir PRISMA untuk mengorganisir dan menyajikan data.



Gambar 1. Diagram alir prisma

Peneliti melakukan review dan mengidentifikasi jurnal-jurnal secara terstruktur yang pada setiap langkah-langkah yang telah ditetapkan . Populasi penelitian terdiri dari seluruh artikel pada *Journal Sustainability* yang diperoleh dari direktori Semantik Scholar, Kata Kunci adalah *Technology-based sustainable development education in elementary school*. Sehingga artikel-artikel tersebut dapat dikumpulkan dengan jumlah artikel 426 artikel dalam batas tahun 2020 hingga 2024. Selanjutnya artikel yang diperoleh dilakukan screening dengan kriteria inklusi dan eksklusi sebagaimana tercantum dalam tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

No.	Kategori	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
-----	----------	------------------	-------------------

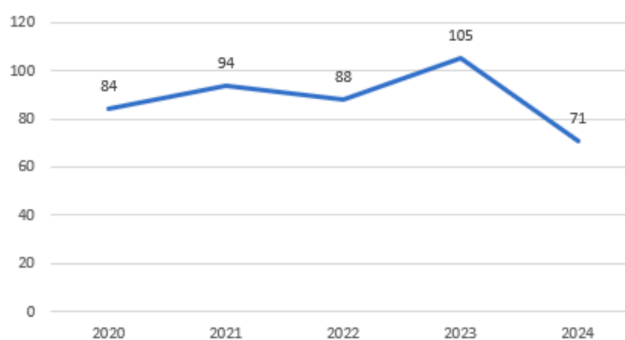
1	Jenis publikasi	Artikel yang diterbitkan dalam jurnal	Book Chapter, SLR, Prosiding
2	Indeksasi jurnal	Semantik Scholar	Jurnal non-semantik scholar
3	Tahun publikasi	2020 – 2024	Kurang dari 2020
4	Bahasa	Artikel dalam bahasa inggris	Selain bahasa Inggris

Setelah melakukan penyaringan dari 426 artikel yang diperoleh dari direktori Semantik scholar terdapat 15 artikel yang dijadikan sumber data untuk dilakukan analisis dan interpretasi. Jumlah artikel dari hasil pencarian pada tahap ini dicatat, bertujuan untuk mengetahui perbandingan jumlah artikel setelah mencapai tahap disertakan dengan topik *Technology-based sustainable development education in elementary school* dan setiap artikel diidentifikasi judul, kata kunci dan abstrak yang berhubungan dengan tujuan artikel ini. Pada artikel yang diidentifikasi adalah artikel-artikel yang memenuhi kriteria dan tidak termasuk dalam artikel jenis *book chapter, book review, Prosiding, Systematic literature review*. Pada tahap skrining terdapat 15 artikel mencapai tahap disertakan dengan teks lengkap artikel dibaca secara cepat untuk menilai kesesuaian isi artikel dengan tujuan artikel ini. Tahap berikutnya, kelayakan artikel ini ditentukan melalui keterkaitan setiap komponen artikel (identitas, judul, tujuan, metode, hasil, kesimpulan, hal penting atau menarik artikel yang dibuat dalam bentuk tabel dengan tujuan studi ini. Tahap terakhir, artikel yang dianggap layak dipelajari dan dianalisis. Hasil analisis ini kemudian disimpulkan dan dituangkan dalam bentuk tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

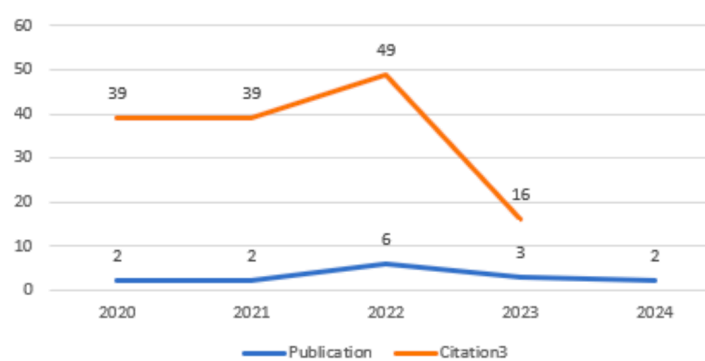
Berdasarkan data tren penelitian *Technology-based sustainable development education in elementary school* dihitung mulai tahun 2020 hingga 2024 sebelum artikel-artikel tersebut disertakan terdapat 426 publikasi artikel, terlihat adanya fluktuasi dalam jumlah publikasi dari tahun 2020 hingga 2024. Terjadi peningkatan jumlah publikasi dari tahun 2020 ke 2021, yaitu dari 84 menjadi 94 publikasi. Pada tahun 2022, jumlah publikasi menurun menjadi 88. Kemudian terjadi peningkatan signifikan pada tahun 2023, mencapai 105 publikasi. Namun, pada tahun 2024 terjadi penurunan yang cukup drastis menjadi 71 publikasi, yang disajikan pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Tren Penelitian N = (426)

Berdasarkan grafik 2 data tren penelitian pada tahun 2020 sampai 2024 telah disertakan, terlihat adanya fluktuasi dalam jumlah publikasi dari tahun 2020 hingga 2024. Pada tahun 2020 dan 2021, jumlah publikasi tetap stabil di angka 2. Terjadi peningkatan signifikan pada pada tahun 2022, mencapai 6 publikasi. Namun,

pada tahun 2023 jumlah publikasi menurun menjadi 3. Pada tahun 2024, publikasi kembali turun menjadi 2. Peningkatan jumlah publikasi pada tahun 2022 dapat mengindikasikan adanya fase produktivitas yang tinggi, mungkin didorong oleh faktor-faktor seperti kolaborasi yang meningkat, investasi dalam bidang penelitian, atau tren topik penelitian yang menarik. Penurunan jumlah publikasi pada tahun 2023 dan 2024 dapat disebabkan oleh kendala-kendala yang harus diidentifikasi dan diatasi, seperti kendala pendanaan, pergeseran prioritas penelitian, atau situasi yang menghambat kegiatan penelitian dan publikasi. Peningkatan publikasi pada tahun 2022 menunjukkan adanya potensi dan kapabilitas yang dapat dikembangkan lebih lanjut. Tantangan penurunan jumlah publikasi pada tahun 2023 dan 2024 perlu diteliti lebih lanjut untuk mengidentifikasi faktor penyebabnya, seperti kendala pendanaan, pergeseran prioritas penelitian, atau situasi global.



Gambar 2. Grafik Tren Penelitian N = (15)

Tren publikasi artikel kategori disertakan dalam periode 2020-2024 menunjukkan fluktuasi. Terjadi peningkatan dari tahun 2020 ke 2021 (0% peningkatan). Pada tahun 2023, terjadi penurunan sebesar 50% dari tahun 2022. Di tahun 2024, kembali terjadi penurunan sebesar 33,33% dari tahun 2023. Jumlah publikasi tertinggi terjadi pada tahun 2022 dengan 6 artikel. Perbandingan antara tahun 2023 dan 2024, tahun 2023: 3 artikel, tahun 2024: 2 artikel, penurunan dari tahun 2023 ke 2024 adalah sebesar 33,33%. Jadi, dapat disimpulkan bahwa selisih penurunan jumlah publikasi artikel dari tahun 2023 ke tahun 2024 adalah sebesar 33,33%. Distribusi publikasi artikel *Technology-based sustainable development education in elementary school* berasal dari *Jurnal Sustainability* dari direktori Semantic scholar, dengan batasan publikasi 5 tahun terakhir (2020- 2024). Penerapan opsi “full-text available” khusus untuk pencarian menggunakan direktori Semantic Scholar dilakukan karena pencarian awal menampilkan hasil yaitu 426 artikel dan tidak semua artikel dapat diidentifikasi dengan baik, sebab tidak adanya ketersediaan teks lengkap artikel. Distribusi publikasi dengan artikel *Technology-based sustainable development education in elementary school* ditunjukkan pada grafik 1. Total 426 artikel yang dianalisis pada tahap kelayakan pada diagram 2 berasal dari 15 jurnal, diantaranya distribusi publikasi dengan artikel *Technology-based sustainable development education in elementary school* ditunjukkan pada tabel 1. Berdasarkan 15 artikel yang dianalisis pada tahap disertakan, topik *Technology-based sustainable development education in elementary school* dengan data distribusi topik yang lebih lengkap ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Distribusi Integrasi *Education for Sustainable Development* (ESD) Berbasis Teknologi Sekolah Dasar

No	Author (Tahun)	Judul	Metode	Instrumen Pengumpulan Data	Analisis Data	Hasil Penelitian	Jalan Baru
1.	Fengying Li, Ge Yu, Congjing Mu, Qingshui Xue, Shih-Pang Tseng, dan Tongchao Wang (2022)	<i>A Personal Growth System Supporting the Sustainable Development of Students Based on Intelligent Graph Element Technology.</i>	kuantitatif	Observasi	Siswa lebih menyukai sistem kode cerdas daripada sistem tradisional. Peningkatan kinerja akademik, kenyamanan, dan penurunan tekanan belajar. Kelompok eksperimen mendapat skor lebih tinggi dengan sistem kode cerdas.	Teknologi IGET yang diusulkan meningkatkan sistem pertumbuhan siswa dengan kecerdasan dan keberlanjutan. Sistem berbasis IGET menawarkan kenyamanan, keamanan, kecerdasan, akurasi, dan keunggulan keberlanjutan.	Meningkatkan pertumbuhan siswa melalui teknologi elemen grafik cerdas. Meningkatkan keberlanjutan pendidikan, efisiensi, keamanan, kecerdasan, dan akurasi. Mendukung pendidikan seumur hidup yang dipersonalisasi dengan sistem pertumbuhan siswa yang berkelanjutan
2.	Basak Baglama, Emirali Evcimen, Fahriye Altinay, Ramesh Chander Sharma, Ahmed Tlili, Zehra Altinay, Gokmen Dagli, Mohamed Jemni, Rustam Shadiev, Yucehan Yucesoy, dan Menil Celebi (2022)	<i>Analysis of Digital Leadership in School Management and Accessibility of animation designed game based learning for sustainability of education for children special needs.</i>	kualitatif	Pengamatan, wawancara, ananalisis dokumen	Analisis penggunaan teknologi animasi dalam pendidikan khusus selama pandemi. Aksesibilitas desain animasi untuk guru dan keluarga ditekankan	Desain visual meningkatkan pengalaman belajar bagi siswa dalam pendidikan khusus. Teknologi animasi mendukung berbagai keterampilan dan perilaku dalam pendidikan khusus.	Teknologi mendukung berbagai keterampilan dan perilaku dalam pendidikan khusus
3.	Fei Li, Jianfeng Jiang, Qingao Qin, Xiaobo Wang, Guoqiang Zeng, Yi Gu, dan Wentai Guo (2023)	<i>Application of Sustainable Development of Teaching in Engineering Education A Case Study of Undergraduate Course Design of Raman Spectroscopy Based on Virtual Reality (VR) Technology</i>	metode penilaian	Kuesioner, wawancara, dan peer review	Kursus berbasis VR meningkatkan pembelajaran, mengubah kebiasaan tradisional, dan mendorong pembelajaran mandiri.	Kursus berbasis VR meningkatkan pengajaran spektroskopi Raman dengan pembelajaran imersif.	VR meningkatkan pengajaran spektroskopi Raman, meningkatkan kualitas dan efisiensi pembelajaran.
4.	Valentina Voinohovska, dan	<i>Developing Interdisciplinary Connections between</i>	Integrasi alat 3D untuk	Penggunaan Tinkercad untuk	Mengintegrasikan alat 3D di sekolah dasar	Alat 3D meningkatkan pembelajaran STEM,	Mengintegrasikan alat 3D dalam pendidikan mendorong

	Denis Asenov (2023)	<i>Sustainability and Stem by Integrating 3D Tools in Primary Schools</i>	STEM interdisipliner dan koneksi keberlanjutan	merancang, memodelkan, dan membuat prototipe fisik	untuk keberlanjutan dan STEM.	pemikiran kritis, dan konsep keberlanjutan.	keberlanjutan dan koneksi STEM
5.	Ming-Min Cheng, Aurora V. Lacaste, Cris Saranza, and Hsueh-Hua Chuang (2021)	<i>Culturally Responsive Teaching in Technology-Supported Learning Environments in Marine Education for Sustainable Development.</i>	–	Google sites	Guru pelajar menerapkan nilai-nilai budaya dan teknologi dalam demonstrasi pengajaran.	Mengeksplorasi pengajaran yang responsif secara budaya di lingkungan belajar yang didukung teknologi untuk guru pelajar	CRT di TSLE mengintegrasikan teknologi dan nilai-nilai budaya untuk pengajaran.
6.	Junhyeok Jang, Jaecheon Jeon, and Soon Ki Jung (2022)	<i>Development of STEM-Based AI Education Program for Sustainable Improvement of Elementary Learners</i>	kuantitatif dengan alat terkait AI dan pemecahan masalah.	Kuesioner	Peningkatan pemecahan masalah kreatif, literasi AI, dan sikap pada siswa	Program AIED berbasis STEM meningkatkan pemecahan masalah kreatif, literasi AI, dan sikap.	Pendidikan AI berbasis STEM meningkatkan pemecahan masalah kreatif dan literasi AI.
7.	Giancarlo Marcone (2022)	<i>Humanities and Social Sciences in Relation to Sustainable Development Goals and STEM Education.</i>	Mengintegrasikan humaniora dan ilmu sosial dalam pendidikan tinggi berorientasi STEM.		Hasil survei menunjukkan konsistensi hasil antar semester.	Integrasi HASS dan STEM penting untuk pendidikan pembangunan berkelanjutan.	Menekankan pendidikan STEM interdisipliner dengan humaniora untuk tujuan pembangunan berkelanjutan.
8.	David Llanos-Ruiz, Vanesa Ausin-Villaverde, dan Victor Abella-Garcia (2024)	<i>Interpersonal and Intrapersonal Skills for Sustainability in the Educational Robotics Classroom.</i>	kohort kuantitatif, retrospektif.	Kuesioner.	Guru memiliki persepsi positif tentang pengalaman mengajar robotika pendidikan.	Robotika menumbuhkan kreativitas, motivasi, dan tujuan pembangunan berkelanjutan pada siswa.	Meningkatkan keterampilan interpersonal dan intrapersonal melalui metodologi robotika pendidikan.
9.	Xianghui Tian, Jia Liu dan Yanlin Tang (2024)	<i>Liaoning University ChopMelon Net Project Innovative Research on Sustainable Education Based on Real Social Issues.</i>	--	--	Pengguna menunjukkan peningkatan yang signifikan dalam keterampilan berpikir kritis setelah 6 bulan.	ChopMelon Net meningkatkan pendidikan berkelanjutan melalui integrasi isu-isu sosial yang nyata.	Meningkatkan pendidikan berkelanjutan melalui tantangan dunia nyata dan pengalaman interaktif.
10.	Asheena Singh-Pillay (2023)	<i>Pre-Service Teachers' Experience of Learning about Sustainability in Technology Education in South Africa.</i>	kualitatif	wawancara	PSITT belajar membuat perbedaan sebagai penjaga gerbang keberlanjutan.	PSITT belajar membuat perbedaan sebagai penjaga gerbang keberlanjutan.	PSITT dapat membuat perbedaan dengan pengetahuan keberlanjutan dan pembelajaran berdasarkan pengalaman.

11.	Alberto Martín-Sánchez, David González-Gómez, dan Jin Su Jeong (2022)	<i>Service Learning as an Education for Sustainable Development (ESD) Teaching Strategy Design, Implementation, and Evaluation in a STEM University Course</i>	kualitatif.	Kuesioner dengan skala tipe likert	Peningkatan signifikan dalam pengetahuan siswa tentang metodologi pembelajaran aktif dan SL.	Proyek SL meningkatkan pengetahuan siswa tentang metodologi pembelajaran aktif secara signifikan.	SL meningkatkan kesadaran lingkungan dan menghubungkan siswa dengan masyarakat. SL adalah alat yang berharga untuk pendidikan berkelanjutan dan kesadaran SDGs
12.	Maura A. E. Pilotti dan Runna Al Ghazo (2020)	<i>Sustainable Education Starts in the Classroom.</i>	Kuantitatif		Kinerja meningkat di ruang kelas tatap muka dan online. Siswa online menunjukkan kinerja yang unggul dalam sesi tanya jawab	Praktek dalam penalaran ilmiah secara positif mempengaruhi operasi kognitif siswa.	Meningkatkan keterampilan penalaran ilmiah melalui praktik untuk pengembangan pendidikan berkelanjutan. Praktek berkelanjutan meningkatkan penalaran ilmiah terlepas dari kecenderungan belajar reproduksi siswa
13.	Hongfeng Zhang dan Yumeng Zeng (2022)	<i>The Education for Sustainable Development, Online a game between instrumental value and humanistic value.</i>	Normatif		ESD membutuhkan humanisasi, kontekstualisasi, fokus pengalaman, dan rasionalisasi teknologi.	Analisis model permainan pada pilihan nilai di ESD. Menekankan adaptasi dan rekomendasi praktis untuk evolusi ESD	Menekankan situasi nyata di atas teknologi untuk pembangunan berkelanjutan.
14.	Despoina Schina, Vanessa Esteve-González, Mireia Usart, José-Luis Lázaro-Cantabrana and Mercè Gisbert (2020)	<i>The Integration of Sustainable Development Goals in Educational Robotics A Teacher Education Experience.</i>	kualitatif	kuesioner	Hasil membahas RQ1 dan RQ2 di Bagian 3.1 dan 3.2. Siswa berhasil mengembangkan proyek ER yang berfokus pada SDGs yang berbeda.	Pelatihan meningkatkan proyek keberlanjutan lintas kurikuler, mengintegrasikan SDGs di ER.	Mendorong integrasi SDG dalam kurikulum lembaga pendidikan guru. Meningkatkan TDC siswa dan kemampuan untuk mengintegrasikan SDGs dalam proyek
15.	Jung-Hua Lo, Yu-Fan Lai, and Tzu-Lun Hsu (2021)	<i>The Study of AR-Based Learning for Natural Science Inquiry Activities in Taiwan's Elementary School from the Perspective of Sustainable Development.</i>	Kualitatif	kuesioner	Analisis regresi menunjukkan efek signifikan dari usia dan literasi digital.	Aplikasi AR dikombinasikan dengan bahan ajar meningkatkan pembelajaran ekologis.	Aplikasi AR meningkatkan pengajaran ekologis dengan konten berorientasi lokal.

Pembahasan

Berdasarkan hasil temuan di atas terdapat hal-hal yang memerlukan pembahasan pada *Technology-Based Sustainable Development Education in Elementary School* ” Studi menunjukkan bahwa ESD di sekolah dasar dapat memberikan dampak positif pada peningkatan kesadaran, minat, dan partisipasi siswa dalam menjaga kelestarian lingkungan dan pembangunan yang berkelanjutan. Selain itu, ESD juga dapat meningkatkan keterampilan kolaborasi, komunikasi, dan pemecahan masalah pada siswa" (Tilbury, 2020). Perkembangan teknologi, perubahan sosial, dan tantangan global saat ini menuntut sistem pendidikan untuk melakukan transformasi dan adaptasi yang cepat. Dalam menghadapi tantangan pembelajaran ke depan, berikut beberapa integrasi yang perlu dilakukan:

Studi ini memperkenalkan teknologi elemen grafik cerdas (IGET), yang berinovasi pada teknologi kode grafis yang ada. Teknologi ini bertujuan untuk menciptakan sistem manajemen pertumbuhan siswa yang dipersonalisasi yang menggabungkan kecerdasan, keamanan, dan keberlanjutan. Penelitian mengidentifikasi beberapa tantangan, termasuk kurangnya kontinuitas dan personalisasi dalam sistem pertumbuhan siswa tradisional. Ini menyoroti bahwa platform yang ada sering membanjiri pengguna, yang menyebabkan inefisiensi. Selain itu, penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ada sistem pertumbuhan siswa berkelanjutan yang dapat mendukung siswa sepanjang perjalanan pendidikan mereka, yang merupakan kesenjangan yang signifikan dalam praktik pendidikan saat ini. Sintesis temuan menunjukkan bahwa sistem IGET yang diusulkan memiliki keunggulan yang jelas dibandingkan sistem tradisional, terutama dalam hal kenyamanan, kecerdasan, dan keberlanjutan

Teknologi yang digunakan penelitian berfokus pada desain animasi 2D dan 3D sebagai teknologi kunci dalam mengajar individu dengan kebutuhan khusus. Teknologi ini disorot karena perannya dalam meningkatkan pengalaman belajar dan mendukung berbagai keterampilan, termasuk kemampuan visual, mendengarkan, dan komunikasi. Analisis tantangan studi ini mengidentifikasi beberapa tantangan, termasuk kebutuhan akan peningkatan kompetensi digital di antara guru dan pentingnya aksesibilitas dalam teknologi pendidikan. Ini menekankan bahwa banyak guru mungkin kekurangan pelatihan yang diperlukan untuk menerapkan teknologi ini secara efektif di ruang kelas mereka. Sintesis Temuan: Temuan mengungkapkan bahwa sementara teknologi animasi dapat secara signifikan membantu pendidikan anak-anak dengan kebutuhan khusus, ada kesenjangan dalam pelatihan guru dan kepemimpinan digital yang perlu diatasi untuk sepenuhnya memanfaatkan alat-alat ini

Teknologi *Virtual Reality* (VR) adalah alat utama yang digunakan untuk memfasilitasi pembelajaran imersif dan pemikiran komputasi dalam kursus spektroskopi Raman Studi ini juga menyelidiki spektrometer Raman arus utama untuk menginformasikan desain eksperimen VR. Analisis Tantangan tantangan utama yang diidentifikasi termasuk pemanfaatan sumber daya dan pengaturan lingkungan visual, yang disorot oleh guru selama diskusi. Kebutuhan akan simulasi virtual yang akurat dan peralatan VR tingkat tinggi menimbulkan tantangan tambahan, berdampak pada biaya dan kemampuan beradaptasi siswa dan guru

Alat 3D Integrasi perangkat lunak pemodelan 3D adalah teknologi kunci yang digunakan dalam penelitian ini. Teknologi ini memungkinkan siswa untuk membuat dan memanipulasi model virtual, meningkatkan pemahaman mereka tentang praktik berkelanjutan dan prinsip-prinsip STEM. Pembelajaran Langsung: Melibatkan siswa dalam proyek desain langsung menumbuhkan rasa kepemilikan dan agensi, melengkapi mereka dengan keterampilan yang diperlukan untuk pengambilan keputusan berdasarkan informasi mengenai keberlanjutan.

Teknologi yang digunakan Guru pelajar terutama menggunakan teknologi sebagai alat instruksional, seperti alat bantu visual untuk menggambarkan konsep multikultural. Namun, integrasi teknologi terbatas, karena terutama mendukung guru daripada memfasilitasi interaksi dan kolaborasi siswa. Tantangan yang signifikan adalah rendahnya adopsi kolaborasi multikultural dalam demonstrasi pengajaran, dikaitkan dengan kendala waktu dan sifat pengaturan kelas. Selain itu, guru pelajar berjuang untuk menerapkan pengetahuan mereka tentang CRT karena kurangnya koneksi sebelumnya dengan siswa mereka.

Teknologi yang digunakan program ini mengintegrasikan perangkat pintar di dalam kelas, memungkinkan setiap siswa untuk terlibat dengan teknologi secara langsung. Pendekatan ini memfasilitasi lingkungan belajar langsung di mana siswa dapat mengeksplorasi konsep AI melalui aplikasi praktis Analisis Tantangan salah satu tantangan yang diidentifikasi adalah keterputusan antara tujuan pembelajaran dan metode evaluasi dalam kerangka pendidikan tradisional. Studi ini menyoroti perlunya pendekatan evaluasi yang lebih terintegrasi yang berfokus pada pertumbuhan siswa daripada hanya menilai hasil Sintesis Temuan: Hasilnya menunjukkan dampak positif pada keterampilan pemecahan masalah kreatif siswa dan sikap terhadap AI, didukung oleh analisis sentimen umpan balik siswa.

Teknologi meskipun teknologi spesifik tidak rinci, kursus ini menggabungkan metodologi seperti “pemikiran desain” dan “teori sistem,” yang penting untuk mendorong pembelajaran interdisipliner dan mengatasi masalah sosial yang kompleks. Analisis tantangan artikel ini mengidentifikasi tantangan dalam mengintegrasikan HASS dengan STEM, terutama dalam pengaturan pendidikan. Ini menyoroti pemahaman dangkal siswa mengenai interdisipliner dan kebutuhan untuk keterlibatan yang lebih dalam dengan masalah sosial. sintesis temuan menunjukkan perubahan signifikan dalam pandangan siswa tentang inovasi, dengan pengakuan yang semakin besar akan pentingnya solusi sosial daripada solusi teknologi murni. Ini mencerminkan transformasi dalam pemahaman mereka tentang hubungan antara teknologi dan masyarakat.

Teknologi digunakan studi ini menggunakan formulir google untuk membuat dan mendistribusikan kuesioner, memungkinkan pengumpulan data yang efisien dari kelompok pendidik yang beragam. Analisis tantangan temuan menunjukkan bahwa robotika pendidikan menghadirkan tantangan yang mengharuskan siswa untuk mengelola emosi dan situasi yang kompleks, mendorong pertumbuhan pribadi dan emosional. Guru memainkan peran penting dalam membimbing siswa melalui tantangan ini, menekankan perlunya kesabaran, ketekunan, dan inovasi. Sintesis temuan studi ini menyimpulkan bahwa robotika pendidikan meningkatkan keterampilan seperti otonomi pribadi, kerja kolaboratif, dan manajemen emosional, berkontribusi pada keberlanjutan kurikulum.

Teknologi yang digunakan platform chopmelon net mengintegrasikan teknologi pendidikan online yang memfasilitasi pengalaman belajar interaktif. Ini termasuk akses ke tantangan dunia nyata, yang meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan pemecahan masalah di antara peserta didik. Analisis tantangan studi ini mengidentifikasi tantangan yang terkait dengan kualitas konten, aksesibilitas teknologi, dan keterlibatan pelajar dalam platform online. Faktor-faktor ini dapat secara signifikan mempengaruhi efektivitas lingkungan belajar online. Sintesis temuan menunjukkan bahwa platform ChopMelon Net berhasil meningkatkan keterampilan kritis pelajar dan kesadaran akan masalah pembangunan berkelanjutan, menunjukkan potensi mengintegrasikan masalah sosial nyata ke dalam pendidikan.

Teknologi digunakan meskipun makalah ini tidak secara eksplisit menyebutkan teknologi tertentu, konteks penelitian menunjukkan bahwa PSTT terlibat dalam tugas penilaian berbasis komunitas, yang kemungkinan melibatkan berbagai alat untuk pengumpulan dan presentasi data, seperti presentasi poster untuk menampilkan temuan mereka. Analisis tantangan penelitian mengidentifikasi kesenjangan dalam penelitian yang dipimpin praktik mengenai integrasi pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan (ESD) dalam pelatihan guru pra-layanan. PSTT menghadapi tantangan dalam mengatasi masalah keberlanjutan lokal secara efektif, yang menyoroti perlunya lebih banyak peluang pembelajaran berdasarkan pengalaman. Sintesis temuan mengungkapkan bahwa PSTT memiliki tiga pengalaman inti: membuat perbedaan, pembelajaran langsung, dan mengadopsi pedagogi berkelanjutan. Pengalaman-pengalaman ini menekankan pentingnya tugas berorientasi tindakan dalam mengembangkan kompetensi keberlanjutan.

Teknologi yang digunakan meskipun teknologi spesifik tidak dirinci dalam konteksnya, penelitian ini kemungkinan melibatkan alat dan platform pendidikan yang memfasilitasi pembelajaran aktif dan keterlibatan masyarakat, selaras dengan metodologi pengajaran yang inovatif analisis tantangan signifikan yang diidentifikasi adalah kurangnya kelompok kontrol, yang membatasi kemampuan untuk membandingkan SL dengan metodologi pengajaran lainnya. Kendala ini mempengaruhi kekokohan temuan dan generalisasi hasil temuan pelaksanaan proyek SL menghasilkan peningkatan substansial dalam pengetahuan siswa tentang metodologi pembelajaran aktif, dengan ukuran efek yang signifikan ($d = 1,34$) menunjukkan dampak positif yang kuat.

Teknologi yang digunakan penelitian ini menyoroti penggunaan platform online untuk pengajaran, yang mencakup fitur obrolan teks untuk keterlibatan siswa. Namun, siswa melaporkan tantangan dengan teknologi ini, seperti kurangnya kedekatan dalam tanggapan dibandingkan dengan interaksi tatap muka. Analisis tantangan signifikan yang diidentifikasi adalah ketidakmampuan untuk secara acak menetapkan peserta ke mode instruksional, yang membatasi kontrol atas perbedaan individu seperti pengalaman sebelumnya. Selain itu, siswa menyatakan kesulitan dalam mengoordinasikan tanggapan dalam pengaturan online, menunjukkan perlunya kegiatan persiapan yang lebih baik untuk meningkatkan keterlibatan. Sintesis temuan menunjukkan bahwa sementara kedua mode instruksional memiliki dampak yang sama pada pembelajaran, siswa tatap muka tampil lebih baik pada penilaian tengah semester, menunjukkan kesenjangan potensial dalam efektivitas pembelajaran online untuk informasi yang kompleks.

Teknologi yang digunakan penelitian ini menyoroti teknologi online, yang telah menjadi penting dalam pendidikan, terutama selama pandemi. Namun, ini juga menunjukkan bahwa teknologi ini terkadang dapat menutupi nilai-nilai humanistik ESD. Analisis tantangan studi ini mengidentifikasi beberapa tantangan, termasuk kebutuhan untuk validasi empiris model teori permainan dan kompleksitas skenario pendidikan dunia nyata. Ini mencatat bahwa hubungan antara teknologi online dan ESD dapat tegang, karena fokus pada efisiensi dapat mengurangi nilai-nilai pendidikan yang lebih

Teknologi digunakan kursus pelatihan menggabungkan teknologi Informasi dan berfokus pada robotika pendidikan (ER) sebagai sarana untuk mengatasi tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs). instrumen penelitian meliputi kuesioner COMDID-A, templat rencana pelajaran, dan rubrik evaluasi. Analisis tantangan studi ini mengidentifikasi kesenjangan yang signifikan dalam pengajaran pemrograman dan robotika di sekolah, khususnya di Spanyol kekurangan ini menyoroti perlunya peningkatan pelatihan guru di UGD untuk mempersiapkan pendidik masa depan dengan lebih baik sintesis temuan menunjukkan bahwa pelatihan secara efektif meningkatkan TDC siswa dan kemampuan mereka untuk mengintegrasikan SDGs ke dalam proyek ER, mempromosikan keberlanjutan dalam pendidikan.

Teknologi yang digunakan teknologi utama yang digunakan adalah aplikasi *augmented reality* (AR) yang dirancang untuk tujuan pendidikan. Aplikasi ini memfasilitasi pembelajaran berdasarkan pengalaman dengan memungkinkan siswa untuk menjelajahi lingkungan ekologis dan belajar tentang tanaman secara langsung. Perangkat seluler juga merupakan bagian integral dari proses pembelajaran, memungkinkan siswa untuk terlibat dalam pembelajaran otonom di luar kelas tantangan yang diidentifikasi: Studi ini menyoroti beberapa tantangan, termasuk sumber daya pendidikan yang terbatas di sekolah pedesaan, kurangnya perangkat keras komputer, dan pelatihan guru yang tidak memadai. Faktor-faktor ini menghambat implementasi efektif pembelajaran berbasis AR dan pengalaman pendidikan secara keseluruhan untuk siswa pedesaan. Sintesis temuan menunjukkan bahwa sementara AR dapat meningkatkan pengalaman belajar, kesenjangan dalam ketersediaan sumber daya dan kemahiran guru harus diatasi untuk memaksimalkan potensinya dalam pengaturan pendidikan pedesaan

KESIMPULAN

Pembahasan ini secara konsisten menunjukkan potensi besar teknologi dalam mendukung ESD di sekolah dasar. Penggunaan teknologi seperti animasi, (IGET), Teknologi virtual reality, aplikasi *augmented reality* (AR) platform online, dan perangkat pintar telah terbukti dapat meningkatkan keterlibatan siswa, pemahaman konsep, dan keterampilan pemecahan masalah yang relevan dengan pembangunan berkelanjutan. Teknologi menawarkan peluang yang menarik untuk mempercepat pencapaian ESD melalui pendidikan. Dengan mengatasi tantangan yang ada dan memanfaatkan potensi teknologi secara efektif, kita dapat membekali generasi muda dengan pengetahuan, keterampilan, dan nilai-nilai yang diperlukan untuk menciptakan masa depan yang lebih berkelanjutan. Dengan mengintegrasikan teknologi secara bijaksana ke

dalam pendidikan, kita dapat menciptakan generasi yang lebih sadar akan lingkungan, sosial, dan ekonomi, serta memiliki kemampuan untuk berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Saya atas nama Desi Nurwidiawati mengucapkan terimakasih pertama, puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan nikmatNYA dan keberkahannya. Kedua, Kepada Bapak/Ibu Dosen Universitas Pascasarjana Unpak Program Pendidikan Dasar atas dukungannya. Ketiga, Keluarga atas support systemnya juga kepada teman-teman mahasiswa magister pendidikan dasar angkatan 2 sehingga seminar nasional ini dapat terlaksana dengan baik. Saya mengapresiasi kontribusi Universitas Unpak Program Pendidikan Dasar dalam memfasilitasi kegiatan ilmiah dan pengembangan pengetahuan di bidang Pendidikan Dasar. Serta kerja sama yang baik antara penyelenggara dan pihak sponsor SDIT Aliya dan SDIT Ustmanil Hakim sangat membantu dalam suksesnya acara seminar nasional tahun 2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, T., Jameel, S. M., & Goggins, J. (2023). Education for Sustainable Development: Mapping the SDGs to University Curricula. *Sustainability (Switzerland)*, 15(10). <https://doi.org/10.3390/su15108340>
- Aiman, U., & Hasyda, S. (2020). The Influence of Process Oriented Guided Inquiry Learning (POGIL) Model Assisted by Realia Media to Improve Scientific Literacy and Critical Thinking Skill of Primary School Students. *European Journal of Educational Research*, 9(4), 1635-1647.
- Baglama, B., Evcimen, E., Altinay, F., Sharma, R. C., Tlili, A., Altinay, Z., Dagli, G., Jemni, M., Shadiev, R., Yucesoy, Y., & Celebi, M. (2022). Análisis del liderazgo digital en la gestión escolar y accesibilidad del aprendizaje basado en juegos diseñados con animación para la sostenibilidad de la educación de niños con necesidades especiales. *Sustainability (Switzerland)*, 14(13).
- Bengel, P. T., & Peter, C. (2023). Technology in Nature—mDGBL as a Successful Approach to Promote Complex Contents? *Sustainability (Switzerland)*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/su15010633>
- Chen, J., Yang, S., & Mei, B. (2021). Towards the sustainable development of digital educational games for primary school students in China. *Sustainability*, 13(14), 7919.
- Cheng, M. M., Lacaste, A. V., Saranza, C., & Chuang, H. H. (2021). Culturally responsive teaching in technology-supported learning environments in marine education for sustainable development. *Sustainability (Switzerland)*, 13(24). <https://doi.org/10.3390/su132413922>
- Chin, C. K., Munip, H., Miyadera, R., Thoe, N. K., Ch'ng, Y. S., & Promsing, N. (2018). Promoting education for sustainable development in teacher education integrating blended learning and digital tools: An evaluation with exemplary cases. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(1), em1653.

- Choiri, M., Fajrin, M. C., Novianti, T. A., & Putri Ms, E. N. K. (2021). Dampak Pandemi Covid-19 Terhadap Penerapan Pembelajaran Online Di Indonesia: Sebuah Tinjauan Pustaka. *Jurnal Teknologi Pendidikan (JTP)*, 14(1), 29. <https://doi.org/10.24114/jtp.v14i1.21422>
- Eli, Munkebye, Scheie, E., Gabrielsen, A., Jordet, A., Misund, S., ... & Øyehaug, A. B. (2020). Interdisciplinary primary school curriculum units for sustainable development. *Environmental Education Research*, 26(6), 795-811.
- Hidayat, R., Patras, Y. E., Windiyani, T., & Gunawan, Y. (2023). International and Indonesia's Teacher Performance: A Bibliometric Study Based on Vosviewer. *Jurnal Kependidikan: Jurnal Hasil Penelitian Dan Kajian Kepustakaan Di Bidang Pendidikan, Pengajaran Dan Pembelajaran*, 9(1), 92-106.
- Iasha, V., Japar, M., Maksum, A., & Setiawan, B. (2023). Let's Go On A Virtual Reality Trip!: The Effect on the Students' Literacy, Interest, and Satisfaction in Cultural Learning. *TEM Journal*, 12(4), 2488.
- Iasha, V., Japar, M., Maksum, A., & Setiawan, B. (2023). Fieldtrip Model for Cultural Literacy of Elementary School Students Through Virtual Reality. *INCOSHA*, 1, 227-232.
- Glavič, P. (2020). Identifying key issues of education for sustainable development. *Sustainability*, 12(16), 6500.
- González-Salamanca, J. C., Agudelo, O. L., & Salinas, J. (2020). Key competences, education for sustainable development and strategies for the development of 21st century skills. A systematic literature review. *Sustainability*, 12(24), 10366.
- Gunansyah, G., Zuhdi, U., & Rohadatul'Aisy, M. (2021). Sustainable Development Education Practices in Elementary Schools. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 15(2), 178-187.
- Jamil, M., Khalil, F., & Noorani, Z. (2024). Education for sustainable development: An analysis of English textbook grade-V. *Journal of Social Research Development*, 5(2), 1-13.
- Jang, J., Jeon, J., & Jung, S. K. (2022). Development of STEM-Based AI Education Program for Sustainable Improvement of Elementary Learners. *Sustainability (Switzerland)*, 14(22). <https://doi.org/10.3390/su142215178>
- Li, F., Jiang, J., Qin, Q., Wang, X., Zeng, G., Gu, Y., & Guo, W. (2023). Application of Sustainable Development of Teaching in Engineering Education: A Case Study of Undergraduate Course Design of Raman Spectroscopy Based on Virtual Reality (VR) Technology. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15031783>
- Li, F., Yu, G., Mu, C., Xue, Q., Tseng, S. P., & Wang, T. (2022). A Personal Growth System Supporting the Sustainable Development of Students Based on Intelligent Graph Element Technology. *Sustainability (Switzerland)*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/su14127196>
- Lim, K., Go, J., Kim, J., Son, J., Jang, Y., & Joo, M. H. (2022). Sustainable Effect of the Usefulness of and

- Preference for Digital Textbooks on Perceived Achievements in Elementary Education Environments. *Sustainability*, 14(11), 6636.
- Llanos-Ruiz, D., Ausin-Villaverde, V., & Abella-Garcia, V. (2024). Interpersonal and Intrapersonal Skills for Sustainability in the Educational Robotics Classroom. *Sustainability (Switzerland)*, 16(11), 1–19. <https://doi.org/10.3390/su16114503>
- Mahmud, S. N. D., Husnin, H., & Tuan Soh, T. M. (2020). Teaching presence in online gamified education for sustainability learning. *Sustainability*, 12(9), 3801.
- Makrakis, V., & Kostoulas-Makrakis, N. (2023). Enabling education for sustainable development through digital storytelling. In *Digitalization, New Media, and Education for Sustainable Development* (pp. 131-142). IGI Global.
- Marcone, G. (2022). Humanities and Social Sciences in Relation to Sustainable Development Goals and STEM Education. *Sustainability (Switzerland)*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/su14063279>
- Martínez-Borreguero, G., Maestre-Jiménez, J., Mateos-Núñez, M., & Naranjo-Correa, F. L. (2020). An integrated model approach of education for sustainable development: Exploring the concepts of water, energy and waste in primary education. *Sustainability*, 12(7), 2947.
- Martín-Sánchez, A., González-Gómez, D., & Jeong, J. S. (2022). Service Learning as an Education for Sustainable Development (ESD) Teaching Strategy: Design, Implementation, and Evaluation in a STEM University Course. *Sustainability (Switzerland)*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/su14126965>
- Marouli, C. (2021). Sustainability education for the future? Challenges and implications for education and pedagogy in the 21st century. *Sustainability*. [mdpi.com](https://www.mdpi.com)
- Merritt, E. G., Archambault, L., & Hale, A. E. (2018). Sustainability education in elementary classrooms: Reported practices of alumni from a pre-service teacher course. *Discourse and Communication for Sustainable Education*, 9(1), 18-35.
- Miedijensky, S., & Abramovich, A. (2019). Implementation of " Education for Sustainability" in Three Elementary Schools--What Can We Learn about a Change Process?. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(10).
- Milicevic, N., Kalas, B., Djokic, N., Malcic, B., & Djokic, I. (2024). Students' Intention toward Artificial Intelligence in the Context of Digital Transformation. *Sustainability (Switzerland)*, 16(9), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su16093554>
- Novita, L., Windiyani, T., & Sofyan, D. (2022). Teacher professional development as an effort to improve TPACK skills in 21st century learning. *Jurnal Pendidikan dan Pengajaran Guru Sekolah Dasar (JPPGuseda)*, 5(3), 97-100.
- Oliiar, M., Blahun, N., Bilavych, H., Bakhmat, N., & Pantyuk, T. (2022). THE TECHNOLOGY OF

DEVELOPMENT OF COMMUNICATIVE CULTURE OF ELEMENTARY SCHOOL TEACHERS. *Pedagogy/Pedagogika* (0861-3982), 94(5).

- Pavlova, M. (2023). Indigenous Technologies: What Is There for ‘Green’ Technology Education?. In Indigenous Technology Knowledge Systems: Decolonizing the Technology Education Curriculum (pp. 297-314). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Pilotti, M. A. E., & Ghazo, R. Al. (2020). Sustainable education starts in the classroom. *Sustainability (Switzerland)*, 12(22), 1–13. <https://doi.org/10.3390/su12229573>
- Rosman, R. N., Omar, M. K., & Zahari, Z. (2019). The integration of Education for Sustainable Development (ESD) in design and technology subject: through teacher’s perspective. *Asian Journal of Assessment in Teaching and Learning*, 9(2), 31-38.
- Sakurai, M., & Shaw, R. (2022). The Potential of Digitally Enabled Disaster Education for Sustainable Development Goals. *Sustainability (Switzerland)*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/su14116568>
- Schina, D., Esteve-González, V., Usart, M., Lázaro-Cantabrana, J. L., & Gisbert, M. (2020). The integration of sustainable development goals in educational robotics: A teacher education experience. *Sustainability*, 12(23), 10085.
- Schina, D., Esteve-González, V., Usart, M., Lázaro-Cantabrana, J. L., & Gisbert, M. (2020). The integration of sustainable development goals in educational robotics: A teacher education experience. *Sustainability (Switzerland)*, 12(23), 1–15. <https://doi.org/10.3390/su122310085>
- Shadiev, R., Reynolds, B. L., & Li, R. (2024). The Use of Digital Technology for Sustainable Teaching and Learning. *Sustainability*, 16(13), 5353.
- Shutaleva, A., Nikonova, Z., Savchenko, I., & Martyushev, N. (2020). Environmental education for sustainable development in Russia. *Sustainability*, 12(18), 7742.
- Singh-Pillay, A. (2023). Pre-Service Teachers’ Experience of Learning about Sustainability in Technology Education in South Africa. *Sustainability (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/su15032149>
- Shulla, K., Filho, W. L., Lardjane, S., Sommer, J. H., & Borgemeister, C. (2020). Sustainable development education in the context of the 2030 Agenda for sustainable development. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 27(5), 458-468. mmu.ac.uk
- Tian, X., Liu, J., & Tang, Y. (2024). Liaoning University ChopMelon Net Project: Innovative Research on Sustainable Education Based on Real Social Issues. *Sustainability (Switzerland)*, 16(9). <https://doi.org/10.3390/su16093781>
- Tilbury, D. (2020). Education for Sustainable Development: An Expert Review of Processes and Learning. UNESCO.
- Timm, J. M., & Barth, M. (2021). Making education for sustainable development happen in elementary

- schools: The role of teachers. *Environmental Education Research*, 27(1), 50-66.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). UNESCO Roadmap for Implementing the Global Action Programme on Education for Sustainable Development; UNESCO: Paris, France, 2014.
- Urrea-Solano, M., Hernández-Amorós, M. J., Merma-Molina, G., & Baena-Morales, S. (2021). The learning of e-sustainability competences: A comparative study between future early childhood and primary school teachers. *Education Sciences*, 11(10), 644.
- Voinohovska, V., & Asenov, D. (2023). Developing Interdisciplinary Connections between Sustainability and Stem by Integrating 3D Tools in Primary Schools. *Strategies for Policy in Science and Education-Strategii Na Obrazovatelnata i Nauchnata Politika*, 31(4s), 101–110. <https://doi.org/10.53656/str2023-4s-8-dev>
- Windiyan, T., Sofyan, D., Iasha, V., Siregar, Y. E. Y., & Setiawan, B. (2023). Utilization of Problem-based Learning and Discovery Learning: The Effect of Problem-Solving Ability Based on Self-Efficacy Elementary School Students. *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 15(2), 1458-1470.
- Yaacob, A., & Abdullah, N. (2023). Environment education for sustainable development (SD) among primary school teachers. *EDUCATUM Journal of Social Sciences*, 9(2), 35-42.
- Zafeiropoulou, M., Volioti, C., Keramopoulos, E., & Sapounidis, T. (2021). Developing physics experiments using augmented reality game-based learning approach: A pilot study in primary school. *Computers*, 10(10), 126.
- Zhang, H., & Zeng, Y. (2022). The Education for Sustainable Development, Online Technology and Teleological Rationality: A Game between Instrumental Value and Humanistic Value. *Sustainability (Switzerland)*, 14(4), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su14042101>
- Zhang, T., Shaikh, Z. A., Yumashev, A. V., & Chład, M. (2020). Applied model of E-learning in the framework of education for sustainable development. *Sustainability*, 12(16), 6420.
- Zwolińska, K., Lorenc, S., & Pomykała, R. (2022). Sustainable development in education from students' perspective—Implementation of sustainable development in curricula. *Sustainability*, 14(6), 3398