



Pendidikan Energi Terbarukan Berbasis Keberlanjutan: Tinjauan Literatur terhadap Kurikulum Pendukung SDGs

Vika Puji Cahyani, Dewiyanti Fadly *

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar, Indonesia

*Email (Penulis Korespondensi): dewiyanti.fadly@unm.ac.id

Abstrak. Transisi menuju sistem energi berkelanjutan menjadi tantangan global utama abad ke-21 karena ketergantungan yang masih tinggi terhadap energi fosil berdampak pada perubahan iklim, degradasi lingkungan, dan ketimpangan akses energi. Pendidikan energi terbarukan berbasis keberlanjutan muncul sebagai strategi kunci untuk mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDG 4, SDG 7, dan SDG 13. Meski urgensi pendidikan energi hijau semakin diakui, implementasinya masih terbatas, seringkali bersifat konseptual, terfragmentasi, dan kurang terintegrasi dengan prinsip keberlanjutan. Penelitian ini bertujuan meninjau secara sistematis literatur terkait pendidikan energi terbarukan berbasis keberlanjutan, dengan fokus pada pengembangan kurikulum yang mendukung pencapaian SDGs. Metode yang digunakan adalah Systematic Literature Review (SLR) semi-PRISMA dengan analisis komparatif dan sintesis konseptual, meliputi identifikasi, penyaringan, evaluasi kelayakan, ekstraksi data, serta analisis tematik dari artikel penelitian dan kajian literatur relevan. Hasil menunjukkan bahwa kurikulum pendidikan energi terbarukan secara signifikan meningkatkan pemahaman peserta didik mengenai energi bersih dan keberlanjutan. Pendekatan seperti project-based learning, pembelajaran interaktif, dan sosialisasi edukatif terbukti efektif, namun masih terdapat kesenjangan antara teori dan praktik, terutama pada jenjang pendidikan dasar dan menengah. Sintesis konseptual menekankan perlunya kurikulum holistik yang mengintegrasikan dimensi pengetahuan, keterampilan, dan nilai keberlanjutan secara eksplisit, serta mengaitkannya dengan SDGs. Temuan ini memberikan implikasi bagi pengembangan kurikulum yang lebih kontekstual, interdisipliner, dan aplikatif, mendukung kesiapan generasi muda menghadapi tantangan transisi energi hijau secara berkelanjutan.

Kata kunci: Pendidikan Energi Terbarukan; Kurikulum Berbasis Keberlanjutan; SDGs; Project-Based Learning; Literasi Energi

Abstract. The transition to a sustainable energy system is a major global challenge of the 21st century because the still high dependence on fossil energy has an impact on climate change, environmental degradation and inequality in energy access. Sustainability-based renewable energy education has emerged as a key strategy to support the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs), especially SDG 4, SDG 7, and SDG 13. Although the urgency of green energy education is increasingly recognized, its implementation is still limited, often conceptual, fragmented, and poorly integrated with sustainability principles. This research aims to systematically review literature related to sustainability-based renewable energy education, with a focus on curriculum development that supports the achievement of the SDGs. The method used is a semi-PRISMA Systematic Literature Review (SLR) with comparative analysis and conceptual synthesis, including identification, filtering, feasibility evaluation, data extraction, and thematic analysis of research articles and relevant literature reviews. The results show that the renewable energy education curriculum significantly increases students' understanding of clean energy and sustainability. Approaches such as project-based learning, interactive learning, and educational

outreach have proven effective, but there is still a gap between theory and practice, especially at the primary and secondary education levels. The conceptual synthesis emphasizes the need for a holistic curriculum that explicitly integrates the dimensions of knowledge, skills and sustainability values, and links them to the SDGs. These findings provide implications for the development of a more contextual, interdisciplinary and applicable curriculum, supporting the readiness of the younger generation to face the challenges of a sustainable green energy transition.

Keywords: Renewable Energy Education; Sustainability-Based Curriculum; SDGs; Project-Based Learning; Energy Literacy

1. Pendahuluan

Transisi menuju sistem energi berkelanjutan merupakan salah satu tantangan global terbesar abad ke-21 (Blondeel et al., 2021; Kabeyi & Olanrewaju, 2022; Popescu et al., 2024; Saleh & Hassan, 2024). Ketergantungan yang masih tinggi terhadap energi fosil telah memicu berbagai permasalahan serius, mulai dari perubahan iklim, degradasi lingkungan, hingga ketimpangan akses energi di berbagai wilayah (Lyu et al., 2025; Martins et al., 2019; Rauner et al., 2024; Sovacool et al., 2016; Wang et al., 2021). Pendidikan energi terbarukan memiliki peran strategis dalam mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development Goals/SDGs). Secara khusus, pendidikan berkontribusi langsung pada SDG 4 (Pendidikan Berkualitas), terutama target 4.7 yang menekankan pentingnya pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan, gaya hidup berkelanjutan, serta kesadaran global terhadap isu lingkungan. Selain itu, pendidikan energi terbarukan mendukung SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), khususnya target 7.2 yang menargetkan peningkatan proporsi energi terbarukan dalam bauran energi global melalui peningkatan literasi dan kesadaran energi sejak dini. Di sisi lain, penguatan kapasitas pendidikan dalam memahami dampak perubahan iklim dan solusi energi bersih juga selaras dengan SDG 13 (Penanganan Perubahan Iklim), terutama target 13.3 yang menekankan peningkatan pendidikan, kesadaran, dan kapasitas manusia terkait mitigasi dan adaptasi perubahan iklim (Fonseca et al., 2020; Gan et al., 2023; Tian et al., 2024). Dengan demikian, pendidikan energi terbarukan tidak hanya berfungsi sebagai sarana transfer pengetahuan teknis, tetapi juga sebagai instrumen strategis untuk membangun kompetensi, sikap, dan nilai keberlanjutan yang diperlukan guna mendukung pencapaian target-target SDGs secara terintegrasi.

Urgensi integrasi pendidikan energi terbarukan ke dalam kurikulum pendidikan semakin meningkat dalam konteks nasional Indonesia. Pemerintah Indonesia telah menetapkan target bauran energi terbarukan sebesar 23% pada tahun 2025, sebagaimana tertuang dalam Kebijakan Energi Nasional. Pencapaian target tersebut tidak hanya bergantung pada kesiapan teknologi dan kebijakan, tetapi juga sangat ditentukan oleh ketersediaan sumber daya manusia yang memiliki literasi energi, kompetensi teknis dasar, serta kesadaran keberlanjutan yang memadai sejak jenjang pendidikan dasar dan menengah. Namun demikian, berbagai kajian menunjukkan bahwa literasi energi di kalangan pelajar Indonesia masih relatif rendah, ditandai dengan pemahaman yang terbatas terhadap konsep energi terbarukan, efisiensi energi, serta implikasinya terhadap lingkungan dan pembangunan berkelanjutan.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara agenda transisi energi nasional dan kesiapan sistem pendidikan dalam membentuk kompetensi peserta didik. Pendidikan energi terbarukan yang belum terintegrasi secara sistematis dalam kurikulum

berpotensi menghambat pencapaian target energi nasional dan SDGs. Oleh karena itu, pengembangan kurikulum pendidikan energi terbarukan berbasis keberlanjutan menjadi sangat mendesak sebagai fondasi pembentukan generasi yang adaptif, kompeten, dan berdaya saing dalam mendukung transisi energi hijau di Indonesia.

Meskipun urgensi pendidikan energi terbarukan semakin diakui, fenomena di lapangan menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan global transisi energi hijau dan implementasi kurikulum pendidikan. Di banyak konteks pendidikan, energi terbarukan masih diposisikan sebagai materi tambahan, bersifat konseptual, atau terfragmentasi dalam mata pelajaran tertentu, tanpa integrasi yang kuat dengan perspektif keberlanjutan dan SDGs (Hoque et al., 2022; Martínez-Borreguero et al., 2024; Shehzad et al., 2023). Kurikulum cenderung menekankan aspek kognitif semata, sementara dimensi sikap, nilai, dan keterampilan abad ke-21 seperti pemikiran sistem, pengambilan keputusan berbasis lingkungan, dan tanggung jawab ekologis belum terakomodasi secara optimal (Alshawi et al., 2023; Fuertes-Camacho et al., 2019; González-salamanca et al., 2020; Hung & Pan, 2025). Kondisi ini menimbulkan fenomena gap antara peran strategis pendidikan dalam transisi energi hijau dan praktik pengembangan kurikulum yang masih terbatas.

Sejumlah penelitian terdahulu telah membahas pendidikan energi terbarukan dari berbagai sudut pandang. Beberapa studi menyoroti efektivitas pendekatan STEM dan project-based learning dalam meningkatkan pemahaman konsep energi terbarukan (Mayasari et al., 2019; Ramankulov et al., 2025; Rizki et al., 2024; Zalentri et al., 2025). Penelitian lain menekankan pentingnya pendidikan energi dalam membangun kesadaran lingkungan dan literasi energi peserta didik. Selain itu, kajian-kajian tertentu telah mengaitkan pendidikan energi terbarukan dengan pendidikan berkelanjutan dan education for sustainable development (ESD) (Hoque et al., 2022; Poimenidis & Papavasileiou, 2021; Rizki et al., 2024). Namun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada implementasi pembelajaran atau pengembangan media, bukan pada kerangka kurikulum secara komprehensif. Selain itu, integrasi eksplisit antara pendidikan energi terbarukan, prinsip keberlanjutan, dan pencapaian SDGs dalam pengembangan kurikulum masih jarang dikaji secara sistematis.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya research gap, yaitu belum tersedianya pemetaan komprehensif mengenai bagaimana pendidikan energi terbarukan diintegrasikan ke dalam kurikulum berbasis keberlanjutan untuk mendukung pencapaian SDGs. Hingga saat ini, belum banyak literature review yang secara khusus mengkaji tren, pendekatan, fokus kompetensi, serta tantangan pengembangan kurikulum pendidikan energi terbarukan dalam kerangka keberlanjutan global. Padahal, kajian semacam ini sangat penting untuk memberikan landasan konseptual dan empiris bagi pengembang kurikulum, pendidik, serta pembuat kebijakan pendidikan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk meninjau secara sistematis literatur terkait pendidikan energi terbarukan berbasis keberlanjutan, dengan fokus pada pengembangan kurikulum yang mendukung pencapaian SDGs. Tinjauan ini bertujuan untuk menganalisis pendekatan dan model kurikulum yang digunakan untuk mengintegrasikan prinsip keberlanjutan dan SDGs. Berbeda dengan kajian terdahulu yang umumnya hanya menyoroti efektivitas pendekatan pembelajaran atau implementasi media pendidikan energi terbarukan, tinjauan ini menawarkan kebaruan melalui penyusunan sintesis konseptual kerangka kurikulum holistik. Sintesis tersebut secara eksplisit

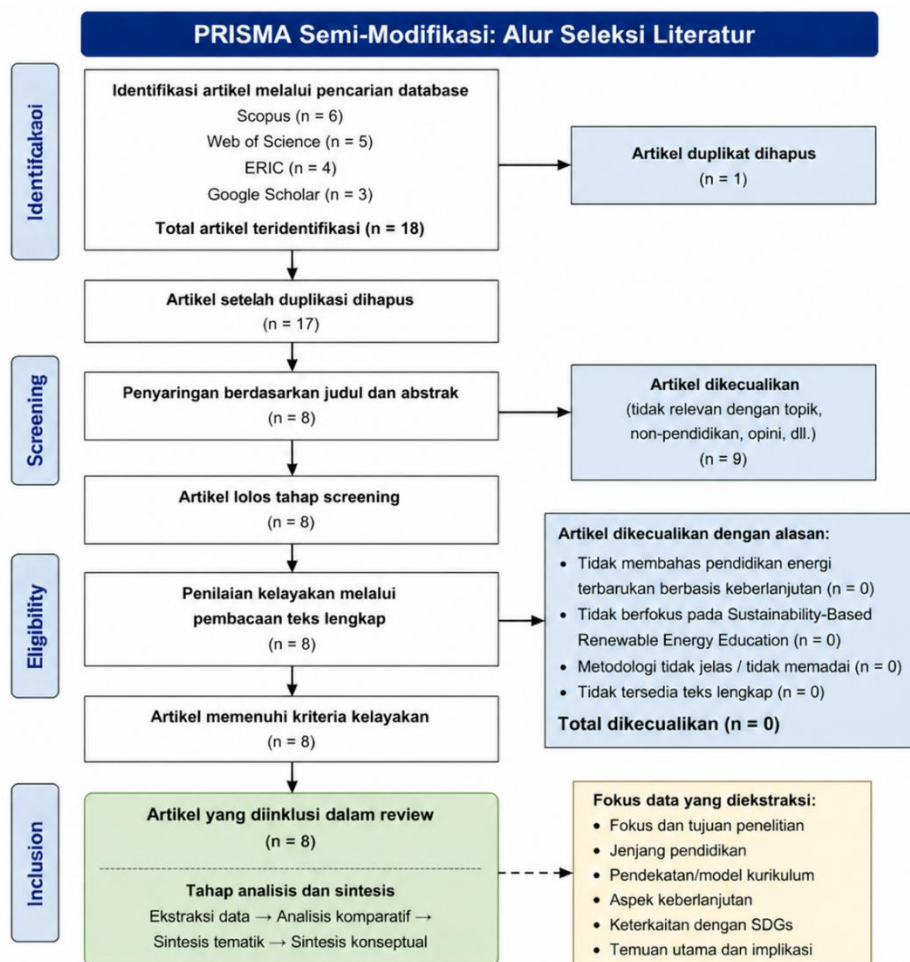
mengintegrasikan tiga dimensi utama pembelajaran, yaitu pengetahuan (knowledge) tentang energi terbarukan, keterampilan (skills) abad ke-21 seperti pemikiran sistem dan pemecahan masalah, serta nilai dan sikap (values) keberlanjutan. Ketiga dimensi ini kemudian dipetakan secara langsung terhadap target-target spesifik Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya SDG 4, SDG 7, dan SDG 13. Pendekatan sintesis konseptual yang menghubungkan dimensi kurikulum dan target SDGs secara eksplisit masih relatif jarang ditemukan dalam literature review sebelumnya, sehingga penelitian ini memberikan kontribusi baru bagi pengembangan kurikulum pendidikan energi terbarukan berbasis keberlanjutan.

Kebaruan dari penelitian ini terletak pada pendekatan analisis dan keluaran kajiannya. Berbeda dengan review sebelumnya yang umumnya bersifat deskriptif menyajikan tren pendekatan pembelajaran atau efektivitas metode tertentu, kajian ini tidak hanya mengidentifikasi pendekatan yang digunakan dalam pendidikan energi terbarukan, tetapi juga menyusun sintesis konseptual kerangka kurikulum holistik. Kerangka tersebut secara eksplisit mengintegrasikan dimensi pengetahuan, keterampilan, dan nilai keberlanjutan, serta memetakan keterkaitannya dengan target SDGs.

Dengan demikian, review ini tidak berhenti pada pemetaan temuan empiris, tetapi juga menghasilkan rekomendasi kurikulum terintegrasi yang dapat dijadikan acuan konseptual bagi pengembangan kurikulum pendidikan energi terbarukan berbasis keberlanjutan. Pendekatan sintesis konseptual yang berorientasi pada desain kurikulum ini masih relatif terbatas dalam literature review sebelumnya, sehingga memberikan kontribusi baru baik secara teoretis maupun praktis. Hasil dari penelitian ini diharapkan memberikan implikasi teoretis dan praktis. Secara teoretis, artikel ini memperkaya kajian pendidikan energi terbarukan dengan perspektif kurikulum berbasis keberlanjutan dan SDGs. Secara praktis, temuan penelitian dapat menjadi rujukan bagi pendidik, pengembang kurikulum, dan pengambil kebijakan dalam merancang kurikulum yang lebih holistik, kontekstual, dan relevan dengan tantangan transisi energi hijau. Dengan demikian, pendidikan tidak hanya berperan sebagai sarana transfer pengetahuan, tetapi juga sebagai instrumen strategis dalam membentuk generasi yang berdaya saing, berwawasan lingkungan, dan berkomitmen terhadap pembangunan berkelanjutan.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan Systematic Literature Review (SLR) semi-PRISMA dengan pendekatan komparatif dan sintesis konseptual. Pendekatan semi-PRISMA dipilih untuk memastikan proses penelusuran, seleksi, dan analisis literatur dilakukan secara sistematis, transparan, dan dapat direplikasi, namun tetap memberi ruang bagi analisis kritis dan pengembangan gagasan konseptual. Fokus kajian diarahkan pada pendidikan energi terbarukan berbasis keberlanjutan dalam pengembangan kurikulum pendukung Sustainable Development Goals (SDGs). Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alur PRISMA semi-modifikasi pada seleksi literatur.
 (Sumber: Diadaptasi dari Page et al., 2021; dimodifikasi untuk kebutuhan penelitian)

Gambar 1. Tahapan penelitian

a. Identifikasi Literatur

Tahap identifikasi dilakukan dengan menelusuri artikel ilmiah. Penelusuran literatur dilakukan menggunakan kombinasi kata kunci “Pendidikan Energi Terbarukan Berbasis Keberlanjutan”, dan “Sustainability-Based Renewable Energy Education”. Padanan kata kunci dalam Bahasa Indonesia juga digunakan untuk memperluas cakupan literatur. Strategi pencarian disesuaikan dengan masing-masing basis data menggunakan operator Boolean (AND, OR) untuk memperoleh hasil yang relevan.

b. Penyaringan Awal (*Screening*)

Pada tahap ini, artikel yang diperoleh diseleksi berdasarkan judul dan abstrak untuk menghilangkan publikasi yang tidak relevan atau duplikatif. Penyaringan awal bertujuan memastikan bahwa artikel yang dianalisis memiliki keterkaitan langsung dengan topik pendidikan energi terbarukan, kurikulum, dan keberlanjutan.

c. Kelayakan (*Eligibility*)

Artikel yang lolos tahap screening selanjutnya dievaluasi melalui pembacaan teks lengkap. Kriteria inklusi dan eksklusi diterapkan secara konsisten untuk menentukan kelayakan artikel yang akan dianalisis lebih lanjut. Kriteria inklusi meliputi:

- 1) Artikel penelitian empiris atau kajian konseptual yang membahas pendidikan energi terbarukan dan/atau kurikulum berbasis keberlanjutan.

-
- 2) Studi yang mengaitkan pendidikan energi dengan SDGs atau pendidikan berkelanjutan.
 - 3) Artikel yang dipublikasikan dalam kurun waktu tertentu (misalnya 10 tahun terakhir).
 - 4) Artikel berbahasa Inggris atau Bahasa Indonesia dengan akses teks lengkap.

Kriteria eksklusi meliputi:

- 1) Artikel yang berfokus pada aspek teknis energi tanpa konteks pendidikan atau kurikulum.
- 2) Publikasi non-peer reviewed, opini, atau artikel populer.
- 3) Studi dengan informasi metodologis yang tidak memadai.

d. Inklusi dan Ekstraksi Data

Artikel yang memenuhi kriteria kelayakan selanjutnya dimasukkan dalam kajian. Pada tahap ini dilakukan ekstraksi data menggunakan lembar analisis yang mencakup penulis dan tahun publikasi, konteks dan tujuan penelitian, jenjang Pendidikan, fokus kurikulum dan pendekatan keberlanjutan, keterkaitan dengan SDGs, serta temuan utama dan implikasi Pendidikan. Ekstraksi data ini bertujuan untuk memudahkan proses perbandingan dan analisis tematik antarpelelitian.

Analisis data dilakukan melalui analisis tematik komparatif. Setiap artikel dianalisis untuk mengidentifikasi pola, persamaan, dan perbedaan dalam pendekatan pengembangan kurikulum pendidikan energi terbarukan. Selanjutnya, dilakukan sintesis konseptual, yaitu pengintegrasian berbagai temuan penelitian untuk membangun pemahaman holistik tentang desain kurikulum berbasis keberlanjutan yang mendukung pencapaian SDGs. Sintesis tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi juga interpretatif, dengan menyoroti kesenjangan riset (research gaps), tantangan implementasi, serta peluang pengembangan kurikulum di masa depan.

Untuk menjamin validitas dan keterlacakan kajian, setiap tahapan SLR semi-PRISMA didokumentasikan secara sistematis. Proses seleksi artikel dijelaskan secara naratif dan dapat dilengkapi dengan diagram alur PRISMA modifikasi. Selain itu, penggunaan berbagai basis data dan penerapan kriteria seleksi yang jelas diharapkan dapat meminimalkan bias dan meningkatkan kredibilitas hasil penelitian. Penelitian ini menggunakan data sekunder berupa artikel yang telah dipublikasikan, sehingga tidak melibatkan subjek manusia secara langsung. Seluruh sumber literatur dikutip sesuai dengan kaidah etika akademik untuk menghindari plagiarisme.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam beberapa tahun terakhir, pendidikan energi terbarukan telah menjadi fokus penting dalam pendidikan keberlanjutan, mengingat kebutuhan mendesak untuk mengurangi ketergantungan pada energi fosil dan beralih ke sumber energi yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini memberikan kontribusi dengan menyintesis temuan-temuan terdahulu yang dapat dilihat pada Tabel 1 untuk merumuskan gagasan kurikulum pendidikan energi terbarukan berbasis keberlanjutan yang holistik dan berorientasi SDGs, sehingga memperkuat peran pendidikan dalam mendukung transisi energi hijau.

Tabel 1. Perbandingan Penelitian Relevan tentang Pendidikan Energi Terbarukan

Penulis & Tahun	Konteks / Jenjang Pendidikan	Fokus Penelitian	Pendekatan / Model	Keterkaitan dengan SDGs	Temuan Utama	Keterbatasan / Celah
(Novi et al., 2024)	Pendidikan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), Pascasarjana	Potensi implementasi pembelajaran berdiferensiasi berbasis ESD (Education for Sustainable Development)	Deskriptif kualitatif	SDG 4 (Pendidikan Berkualitas), SDG 13 (Perubahan Iklim)	Pembelajaran berdiferensiasi dapat meningkatkan pemahaman tentang ESD	Pembelajaran lebih difokuskan pada teori, kurangnya aplikasi praktis di lapangan
(Muhayatul, 2025)	Pendidikan Pascasarjana	Evaluasi kebijakan pemerintah Indonesia terkait transformasi energi terbarukan	Deskriptif kualitatif	SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau)	Indonesia memiliki komitmen kuat dalam kebijakan energi terbarukan, namun ada kendala dalam implementasi	Tantangan terkait pendanaan, infrastruktur, dan koordinasi antar lembaga
(Jennings & Lund, 2001)	Program Pascasarjana	Pengembangan program studi energi terbarukan berbasis ekosistem yang berkelanjutan	Pengembangan kurikulum dan pembelajaran berbasis ESD	SDG 4, SDG 7	Program tersebut meningkatkan kesadaran terhadap energi terbarukan di tingkat pendidikan tinggi	Keterbatasan dalam jangkauan akses pendidikan energi terbarukan di seluruh dunia
(Pambudi et al., 2024)	Siswa Sekolah Menengah (SMA), Universitas	Tingkat kesadaran terhadap energi terbarukan di kalangan siswa Indonesia	Survei deskriptif-kuantitatif	SDG 7, SDG 13	Terdapat perbedaan tingkat kesadaran antar jenjang pendidikan dan jenis kelamin	Tidak cukupnya penyuluhan untuk mengatasi kesenjangan literasi energi di masyarakat umum
(Prasaja et al., 2020)	Pendidikan Tinggi (Universitas) di Indonesia	Pentingnya pendidikan dan pelatihan Energi Baru Terbarukan (EBT) di tingkat universitas serta urgensi integrasinya	Kajian konseptual dan deskriptif; penguatan kurikulum EBT; pembelajaran berbasis proyek dan	SDG 4 (Pendidikan Berkualitas), SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), implisit mendukung	Pendidikan dan pelatihan EBT di universitas penting untuk menyiapkan SDM kompeten dalam menghadapi krisis energi; integrasi mata kuliah EBT,	Tidak menyajikan data empiris kuantitatif hasil implementasi; fokus terbatas pada pendidikan tinggi; belum

Penulis & Tahun	Konteks / Jenjang Pendidikan	Fokus Penelitian	Pendekatan / Model	Keterkaitan dengan SDGs	Temuan Utama	Keterbatasan / Celah
		dalam kurikulum	pelatihan; model Proposing-Learning	SDG 13 (Aksi Iklim)	pelatihan kejuruan, kunjungan industri, dan pemanfaatan internet dapat meningkatkan pemahaman teoritis dan praktis mahasiswa	membahas integrasi EBT secara sistematis ke dalam kurikulum pendidikan dasar dan menengah
(Vioreza et al., 2023)	Pendidikan Dasar, Menengah	Integrasi ESD dalam Kurikulum Merdeka	Studi literatur dan analisis kebijakan pendidikan	SDG 4, SDG 13	ESD memberikan peluang untuk mengintegrasikan nilai-nilai keberlanjutan dalam pendidikan	Kurangnya integrasi praktis dalam kurikulum pendidikan saat ini
(Martinez-Borrego et al., 2024)	Pendidikan Sekolah Menengah dan Baccalaureate (Spanyol)	Integrasi energi dan keberlanjutan dalam kurikulum pendidikan untuk SDGs	Analisis kebijakan pendidikan	SDG 4 (Pendidikan Berkualitas), SDG 7 (Energi Bersih)	Upaya signifikan untuk memasukkan energi dalam kurikulum, tetapi masih terbatas pada pendekatan teoretis dan kurang pada aplikasi praktis	Perlu lebih banyak integrasi praktis dan interdisipliner dalam pembelajaran energi
(Muhardika et al., 2025)	Siswa SMA	Pengenalan konsep energi terbarukan di tingkat SMA	Sosialisasi, diskusi, demonstrasi aplikasi	SDG 7 (Energi Bersih), SDG 13 (Perubahan Iklim)	Pemahaman yang meningkat tentang jenis energi terbarukan dan pentingnya penggunaan energi terbarukan di masa depan	Terbatasnya cakupan pengenalan energi terbarukan di tingkat pendidikan menengah

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dipaparkan, kita bisa melihat bagaimana berbagai pendekatan dalam pendidikan energi terbarukan dapat memperkuat keberlanjutan dan mendukung SDGs.

3.1. Keterkaitan dengan SDGs dan Pendidikan Keberlanjutan

Semua penelitian yang tercantum dalam tabel sebelumnya menunjukkan bahwa pendidikan energi terbarukan memiliki keterkaitan yang sangat kuat dengan SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau). Penelitian oleh Muhayatul (2025) dan Novi et al. (2024) menunjukkan bahwa pembelajaran tentang energi terbarukan membantu mempersiapkan siswa dan

mahasiswa untuk menghadapi tantangan energi bersih yang lebih besar di masa depan. Sebagai contoh, pendidikan yang berbasis *Energy for Sustainable Development* (ESD) dapat memperkenalkan siswa kepada konsep-konsep yang lebih luas seperti keberlanjutan, efisiensi energi, dan tanggung jawab sosial, yang menjadi kunci dalam mengurangi ketergantungan pada energi fosil. Namun, meskipun upaya besar telah dilakukan, banyak penelitian juga menyoroti kurangnya integrasi praktis dalam penerapan konsep-konsep keberlanjutan ini dalam kurikulum. Ini sesuai dengan temuan dari Martínez-Borreguero et al. (2024) yang menyebutkan pentingnya integrasi lebih dalam tentang energi dan keberlanjutan dalam pembelajaran, terutama dalam hal aplikasi praktis yang berfokus pada solusi energi terbarukan.

3.2. Pendekatan yang Digunakan dalam Pendidikan Energi Terbarukan

Berbagai pendekatan telah digunakan dalam pendidikan energi terbarukan pada berbagai jenjang pendidikan. Pada tingkat pendidikan dasar dan menengah, beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran interaktif, simulasi, dan pendekatan kontekstual mampu meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep energi terbarukan serta isu keberlanjutan (Kramar & Knez, 2025; Lyu et al., 2025; Martínez-Borreguero et al., 2024; Sulaiman et al., 2024; Wang et al., 2021). Pendekatan ini memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna dan mendorong keterlibatan aktif peserta didik dalam memahami penerapan energi bersih dalam kehidupan sehari-hari.

Sementara itu, pada jenjang pendidikan tinggi, Prasaja et al. (2020) melaporkan bahwa program pendidikan dan pelatihan Energi Baru Terbarukan (EBT) di tingkat universitas berperan penting dalam meningkatkan pemahaman konseptual dan kesiapan mahasiswa terhadap isu transisi energi. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan edukatif yang bersifat aplikatif dan berbasis pelatihan juga relevan untuk dikembangkan secara berjenjang, dengan penyesuaian kedalaman materi dan strategi pembelajaran sesuai tingkat pendidikan. Meskipun demikian, baik pada pendidikan dasar, menengah, maupun tinggi, berbagai studi masih menunjukkan adanya kesenjangan antara penguasaan konsep teoritis dan kemampuan aplikasi praktis. Hal ini mengindikasikan perlunya desain kurikulum yang lebih terintegrasi, yang tidak hanya menekankan aspek kognitif, tetapi juga pengembangan keterampilan dan nilai keberlanjutan secara berkelanjutan.

3.3. Temuan Utama dari Penelitian yang Berbeda

Berdasarkan temuan-temuan yang ada, banyak penelitian yang mengindikasikan adanya peningkatan yang signifikan dalam pengetahuan energi terbarukan setelah dilakukan kegiatan sosialisasi dan pelatihan. Misalnya, Muhandika et al. (2025) melaporkan peningkatan yang sangat signifikan pada indikator-indikator pemahaman energi terbarukan setelah dilakukan sesi presentasi edukatif dan diskusi interaktif. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan partisipatif dan penggunaan media interaktif efektif dalam membangun kesadaran tentang pentingnya transisi energi bersih. Namun, kesenjangan dalam literasi energi di kalangan masyarakat dan siswa sekolah menengah masih menjadi masalah. Pambudi et al. (2024) mencatat perbedaan tingkat pemahaman tentang energi terbarukan berdasarkan jenjang pendidikan dan jenis kelamin, yang menunjukkan bahwa upaya peningkatan literasi energi perlu lebih fokus pada aksesibilitas pendidikan yang lebih merata.

3.4. Keterbatasan dan Celah yang Masih Ada dalam Penelitian dan Implementasi

Banyak penelitian yang mengidentifikasi keterbatasan dalam penerapan energi terbarukan dalam kurikulum pendidikan. Misalnya, Prasaja et al. (2020) menyoroti keterbatasan dalam implementasi pembelajaran interaktif di sekolah dasar, yang sering kali terganjal oleh keterbatasan sarana dan kurangnya pelatihan bagi guru. Selain itu, Martínez-Borreguero et al. (2024) mengungkapkan bahwa meskipun terdapat usaha signifikan untuk mengintegrasikan energi dalam kurikulum pendidikan di Spanyol, kurangnya pendekatan interdisipliner membuat pemahaman siswa tentang peran energi dalam konteks keberlanjutan menjadi terfragmentasi. Pembelajaran energi di banyak sekolah lebih menekankan pada aspek teknis dan kurang membahas dimensi sosial dan lingkungan dari isu energi, yang merupakan bagian integral dari SDG 7.

3.5. Sintesis Konseptual dan Implikasi Pengembangan Kurikulum

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disintesis bahwa kurikulum pendidikan energi terbarukan yang efektif harus mengintegrasikan dimensi pengetahuan, keterampilan, dan nilai keberlanjutan secara seimbang, serta mengaitkannya secara eksplisit dengan SDGs. Kurikulum semacam ini perlu dirancang secara kontekstual, adaptif terhadap jenjang pendidikan, dan relevan dengan tantangan energi di tingkat lokal maupun global. Implikasi penelitian ini menegaskan pentingnya pengembangan kurikulum pendidikan energi terbarukan yang bersifat holistik dan berorientasi keberlanjutan. Temuan penelitian ini dapat menjadi dasar konseptual bagi pendidik, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan dalam merancang kurikulum yang tidak hanya meningkatkan literasi energi, tetapi juga membentuk generasi yang berkomitmen terhadap pembangunan berkelanjutan dan transisi energi hijau.

3.6. Rekomendasi untuk Pengembangan Pendidikan Energi Terbarukan yang Berbasis Keberlanjutan

Berdasarkan temuan-temuan ini, terdapat beberapa rekomendasi untuk meningkatkan pendidikan energi terbarukan berbasis keberlanjutan, yaitu:

- a. Penerapan model interdisipliner: Pendidikan energi terbarukan harus lebih mengintegrasikan ilmu sosial, ekonomi, dan teknologi untuk memberikan gambaran yang lebih holistik mengenai energi bersih dan keberlanjutan.
- b. Penguatan pendidikan berbasis proyek: Siswa harus diberi kesempatan untuk terlibat langsung dalam proyek energi terbarukan yang dapat memberikan pengalaman praktis dan memperkuat pemahaman mereka tentang penerapan energi bersih di dunia nyata.
- c. Pengembangan kapasitas guru: Pelatihan untuk guru sangat penting untuk memastikan bahwa mereka dapat mengintegrasikan energi terbarukan ke dalam kurikulum dengan pendekatan yang lebih berbasis praktik dan kesadaran sosial.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, dapat disimpulkan bahwa pendidikan energi terbarukan memainkan peran krusial dalam mendukung pencapaian SDG 4 (Pendidikan Berkualitas) dan SDG 7 (Energi Bersih dan Terjangkau), khususnya dalam membekali generasi muda dengan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan untuk menghadapi tantangan energi bersih dan keberlanjutan di masa depan. Penelitian-penelitian yang

dianalisis menunjukkan bahwa berbagai pendekatan, seperti pembelajaran berdiferensiasi berbasis ESD, media pembelajaran interaktif, dan sosialisasi energi terbarukan, telah terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap energi terbarukan. Namun, terdapat kesenjangan signifikan antara teori dan praktik dalam implementasi kurikulum. Sebagian besar pendidikan energi terbarukan masih fokus pada aspek teoritis, sementara aplikasi praktis yang melibatkan pengalaman langsung siswa di lapangan masih terbatas. Hal ini menunjukkan pentingnya mengembangkan kurikulum yang lebih interdisipliner yang menggabungkan aspek teknis, sosial, dan lingkungan dari energi bersih. Masih terdapat tantangan besar dalam pengintegrasian praktis energi terbarukan dalam kurikulum, terutama di tingkat pendidikan menengah.

Secara keseluruhan, meskipun sudah ada kemajuan yang signifikan dalam pengembangan kurikulum pendidikan energi terbarukan berbasis keberlanjutan, masih diperlukan perubahan besar dalam pendekatan pengajaran, dengan lebih mengutamakan penerapan praktis dan interaksi langsung dengan dunia nyata. Untuk mencapai tujuan SDGs, pendidikan energi terbarukan harus mencakup aspek interdisipliner, berfokus pada aplikasi praktis, dan memperkuat kolaborasi antara berbagai pihak, termasuk sektor pendidikan dan masyarakat.

Berdasarkan temuan kajian ini, arah penelitian selanjutnya sebaiknya difokuskan pada beberapa agenda prioritas. Pertama, pengembangan model kurikulum interdisipliner pendidikan energi terbarukan untuk jenjang SMA, yang mengintegrasikan aspek sains, sosial, dan lingkungan secara kontekstual sesuai dengan kebutuhan lokal. Kedua, evaluasi efektivitas pendekatan project-based learning dalam meningkatkan literasi energi, pemikiran sistem, dan kesadaran keberlanjutan peserta didik. Ketiga, studi perbandingan implementasi kurikulum pendidikan energi terbarukan antar daerah di Indonesia, guna mengidentifikasi praktik baik serta tantangan kontekstual dalam mendukung pencapaian SDGs. Fokus pada tiga arah penelitian ini diharapkan dapat memperkuat landasan empiris dan praktis dalam pengembangan pendidikan energi terbarukan berbasis keberlanjutan di Indonesia.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat dalam penyusunan artikel ini.

Daftar Pustaka

- Alshawi, A. A. H., Ali, A. S. M., & Raïq, H. (2023). Skill components of higher education in the era of sustainable development: an analytical study among university students in Qatar. In *Frontiers in Education* (Vol. 8, p. 8). <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1141306>
- Blondeel, M., Bradshaw, M. J., Bridge, G., & Kuzemko, C. (2021). The geopolitics of energy system transformation: A review. In *Geography Compass* (Vol. 15, Issue 7). <https://doi.org/10.1111/gec3.12580>
- Fonseca, L. M., Domingues, J. P., & Dima, A. M. (2020). Mapping the sustainable development goals relationships. *Sustainability* (Switzerland), 12(8). <https://doi.org/10.3390/SU12083359>

- Fuertes-Camacho, M. T., Graell-Martín, M., Fuentes-Loss, M., & Balaguer-Fàbregas, M. C. (2019). Integrating sustainability into higher education curricula through the project method, a global learning strategy. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/su11030767>
- Gan, K. E., Taikan, O., Gan, T. Y., Weis, T., Yamazaki, D., & Schüttrumpf, H. (2023). Enhancing Renewable Energy Systems, Contributing to Sustainable Development Goals of United Nation and Building Resilience Against Climate Change Impacts. *Energy Technology*, 11(11). <https://doi.org/10.1002/ente.202300275>
- 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 (Switzerland)*, 12(24), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su122410366>
- Hoque, F., Yasin, R. M., & Sopian, K. (2022). Revisiting Education for Sustainable Development: Methods to Inspire Secondary School Students toward Renewable Energy. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 14, Issue 14). <https://doi.org/10.3390/su14148296>
- Hung, L. C., & Pan, H. J. (2025). Innovative Approach to ESD Integration into School-Based Curriculum Development Modules for Elementary Schools. *Sustainability (Switzerland)*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/su17041427>
- Jennings, P., & Lund, C. (2001). Renewable energy education for sustainable development. *Renewable Energy*, 22(1–3), 113–118. [https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(00\)00028-8](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00028-8)
- Kabeyi, M. J. B., & Olanrewaju, O. A. (2022). Sustainable Energy Transition for Renewable and Low Carbon Grid Electricity Generation and Supply. In *Frontiers in Energy Research* (Vol. 9, p. 9). <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.743114>
- Kramar, U., & Knez, M. (2025). Gamified Learning for Sustainability: An Innovative Approach to Enhance Hydrogen Literacy and Environmental Awareness Through Simulation-Based Education. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 17, Issue 6). <https://doi.org/10.3390/su17062694>
- Lyu, Z., Lanre Ibrahim, R., Alomair, A., & Al Naim, A. S. (2025). Fossil Fuels, Clean Cooking Energy, and Health Inequality in Sub-Saharan Africa: Distribution-Sensitive Evidence for SDG-Linked Transitions. *Sustainable Development*. <https://doi.org/10.1002/sd.70395>
- Martínez-Borreguero, G., Maestre-Jiménez, J., Mateos-Núñez, M., & Naranjo-Correa, F. L. (2024). Integrating Energy and Sustainability into the Educational Curriculum: A Pathway to Achieving SDGs. *Sustainability (Switzerland)*, 16(10). <https://doi.org/10.3390/su16104100>
- Martins, F., Felgueiras, C., Smitkova, M., & Caetano, N. (2019). Analysis of fossil fuel energy consumption and environmental impacts in european countries. *Energies*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/en12060964>
- Mayasari, T., Susilowati, E., & Winarno, N. (2019). Practicing integrated STEM in renewable energy projects: Solar power. *Journal of Physics: Conference Series*, 1280(5). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/5/052033>
- Muhardika, Abadi, A., Savira, R., Kamisa Putri, Y., & Meka Seftiani, Y. (2025). Sosialisasi Energi Hijau untuk Masa Depan : Mengenal Energi Terbarukan Sejak Dini di SMA Negeri 16 Padang. *Jurnal Andalas: Rekayasa Dan Penerapan Teknologi*, 5(1), 48–52. <https://doi.org/10.25077/jarpet.v5i1.116>

-
- Muhayatul, M. (2025). Transformasi Energi Terbarukan dalam Kerangka Pembangunan Berkelanjutan: Studi Evaluatif Atas Kebijakan dan Implementasi di Indonesia. *Trends in Applied Sciences, Social Sciences, and Education* |, 3(1), 13–30.
- Novi, M., Roshayanti, F., & Khoiri, N. (2024). Potensi Implementasi Pembelajaran Berdiferensiasi pada Materi Energi Berbasis ESD (Education For Sustainable Development). *Jurnal Inovasi Pembelajaran Di Sekolah*, 5(1), 103–108. <https://doi.org/10.51874/jips.v5i1.190>
- Pambudi, N. A., Nanda, I. R., Alfina, F. T., & Syahrial, A. Z. (2024). Renewable energy education and awareness among Indonesian students: Exploring challenges and opportunities for a sustainable future. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 63(July 2023), 103631. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2024.103631>
- Poimeridis, D., & Papavasileiou, V. (2021). Investigation of Energy Literacy, Practices of Saving and Rational Use of Electricity in Students of Fifth Grade of Primary Schools. *Practices Of Saving And Rational Use Of Electricity In Students Of Fifth Grade Of Primary Schools. Proceedings Of Socioint 2021- 8th International Conference on Education and Education of Social Sciences*. <https://doi.org/10.46529/socioint.202106>
- Popescu, C., Apostu, S. A., Rădulescu, I. G., Mureșan, J. D., & Brezoi, A. G. (2024). Energizing the Now: Navigating the Critical Landscape of Today’s Energy Challenges – An In-Depth Review. *Energies*, 17(3). <https://doi.org/10.3390/en17030675>
- Prasaja, B. K., Edifikar, W., & Abdullah, T. (2020). Pendidikan dan Pelatihan Energi Baru Terbarukan (EBT) di Tingkat Universitas di Indonesia. *JE-Unisla*, 5(2), 353–358.
- Ramankulov, S. Z., Zhaksylyk, N. N., & Kurbanbekov, B. A. (2025). Assessing the Impact of Stem Education on Students’ Academic Performance in Solar Energy Studies. In *ulletin Abai KazNPU. Series of Physics & Mathematical Sciences*. Series of Physics & Mathematical Sciences. <https://doi.org/10.51889/2959-5894.2025.90.2.027>
- Rauner, S., Piontek, F., Soergel, B., & Luderer, G. (2024). The impact of energy sector pollution on human development and inequality amidst climate change. *Environmental Research Letters*, 19(9). <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad6b39>
- Rizki, I. A., Hariyono, E., Suprpto, N., Dawana, I. R., & Shobah, N. (2024). Renewable Energy Learning Project in Physics Classroom: Achieving Education for Sustainable Development. *TEM Journal*, 13(2), 1452–1460. <https://doi.org/10.18421/TEM132-59>
- Saleh, H. M., & Hassan, A. I. (2024). The challenges of sustainable energy transition: A focus on renewable energy. *Applied Chemical Engineering*, 7(2). <https://doi.org/10.59429/ace.v7i2.2084>
- Shehzad, S., Afzal, J., & Anwar, G. (2023). Significance of ‘Renewable Energy Education’ in Curriculum of Students.’ *Academy of Education and Social Sciences Review*, 3(3), 350–362. <https://doi.org/10.48112/aessr.v3i3.603>
- Sovacool, B. K., Heffron, R. J., McCauley, D., & Goldthau, A. (2016). Energy decisions reframed as justice and ethical concerns. *Nature Energy*, 1. <https://doi.org/10.1038/nenergy.2016.24>
- Sulaiman, M. K. A., Yasin, R. M., Halim, L., Arsad, N. M., & Samsudin, M. A. (2024). Empowering the Next Generation: Using Minecraft Education to Teach Solar Photovoltaic Concepts in Secondary School. *International Journal of Information and Education Technology*, 14(7), 976–987. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2024.14.7.2125>

-
- Tian, J., Culley, S. A., Maier, H. R., & Zecchin, A. C. (2024). Is renewable energy sustainable? Potential relationships between renewable energy production and the Sustainable Development Goals. In *npj Climate Action* (Vol. 3, Issue 1). <https://doi.org/10.1038/s44168-024-00120-6>
- Vioreza, N., Hilyati, W., & Lasminingsih, M. (2023). Education for Sustainable Development: Bagaimana Urgensi dan Peluang Penerapannya pada Kurikulum Merdeka? *PUSAKA: Journal of Educational Review*, 1(1), 34–48. <https://doi.org/10.56773/pjer.v1i1.11>
- Wang, Y., Uddin, I., & Gong, Y. (2021). Nexus between natural resources and environmental degradation: Analysing the role of income inequality and renewable energy. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 15). <https://doi.org/10.3390/su13158364>
- Zalentri, E., Purwanto, A., & Desy Hanisa Putri. (2025). The Effect of Project Based Learning Model on Science Understanding and Process Skills of Renewable Energy Material. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Fisika*, 16(1), 120–129. <https://doi.org/10.26877/jp2f.v16i1.1398>
-

CC BY-SA 4.0 (Attribution-ShareAlike 4.0 International).

This license allows users to share and adapt an article, even commercially, as long as appropriate credit is given and the distribution of derivative works is under the same license as the original. That is, this license lets others copy, distribute, modify and reproduce the Article, provided the original source and Authors are credited under the same license as the original.

