



SAKALIMA
PILAR PEMBERDAYAAN MASYARAKAT PENDIDIKAN
VOL 3. NO. 3 (2026)

ISSN: **3064-2361**

Pengembangan Instrumen Penilaian Berbasis *Project-Based Learning* untuk Menilai Karakter Peduli Lingkungan pada Mahasiswa

Eka Yunita Rhomadona , Sri Latifah , dan Yani Suryani 

To cite this article Rhomadona, E. Y., Latifah, S., Suryani, Y. Pengembangan Instrumen Penilaian Berbasis Project-Based Learning untuk Menilai Karakter Peduli Lingkungan pada Mahasiswa. *SAKALIMA Pilar Pemberdaya. Masy. Pendidik.*, vol. 3, no. 3, pp. 23–38, 2026. <https://doi.org/10.70211/sakalima.v3i3.571>

To link to this article:



Published online: August. 11, 2026



Submit your article to this journal



View crossmark data

Full Terms & Conditions of access and use can be found at
<https://journal.wiseedu.co.id/index.php/sakalima/about>



Pengembangan Instrumen Penilaian Berbasis *Project-Based Learning* untuk Menilai Karakter Peduli Lingkungan pada Mahasiswa

Eka Yunita Rhomadona, Sri Latifah, Yani Suryani

Received: 28 April 2026

Revised: 15 Juni 2026

Accepted: 22 Juni 2026

Online: 11 Agustus 2026

Abstract

This study aimed to develop and examine the quality of a Project-Based Learning (PjBL)-based assessment instrument for assessing and supporting university students' environmental care character in an environmental physics course. The study was motivated by preliminary findings showing low percentages in learning ease (44.4%), PjBL familiarity (39.9%), assessment-instrument availability (33.2%), and environmental care character (24.9%). The research employed a research-and-development design using the ADDIE model: analysis, design, development, implementation, and evaluation. The participants consisted of expert validators, two lecturers, 20 students in a small-group trial, and 58 sixth-semester physics education students in a field trial. The product comprised project tasks, self-assessment sheets, peer-assessment sheets, observation rubrics, project-product rubrics, and reflective journals related to appropriate technology and environmental problem solving. Data were collected through expert-validation sheets, response questionnaires, validity-reliability testing, and implementation documentation. The findings indicated that the instrument was rated highly feasible by assessment experts (92.31%), material experts (90.63%), and language experts (91.07%). Empirical testing showed that 22 of 24 items met the validity criterion and the reliability coefficient reached 0.89. Lecturer responses reached 91.25%, while student responses reached 88.84%, both in the very feasible category. In the observed implementation, the environmental care character score increased from 49.18 to 83.42 with an N-gain of 0.67. These results suggest that the developed PjBL-based assessment instrument has adequate validity, reliability, and practicality for assessing environmental care character in higher education, although broader implementation is still needed to strengthen generalizability.

Keywords: Environmental Care Character; Environmental Physics; Instrument Development; Project-Based Learning; Project Assessment

Publisher's Note:

WISE Pendidikan Indonesia stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright:

©

2026 by the author(s).

License WISE Pendidikan Indonesia, Bandar Lampung, Indonesia. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) license.

(<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



PENDAHULUAN

Penilaian dalam pendidikan tinggi semakin dituntut untuk bergerak melampaui pengukuran capaian kognitif yang sempit menuju praktik asesmen autentik yang mampu merekam pengetahuan, keterampilan, sikap, kinerja, serta keterlibatan reflektif mahasiswa dalam konteks dunia nyata. Pergeseran ini menjadi sangat penting dalam pendidikan sains dan lingkungan, karena capaian pembelajaran tidak hanya terbatas pada pemahaman konseptual, tetapi juga mencakup pengembangan literasi lingkungan, kesadaran keberlanjutan, tanggung jawab ekologis, dan perilaku pro-lingkungan [1], [2], [3]. Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa pembelajaran lingkungan menjadi lebih bermakna ketika mahasiswa diarahkan untuk menginvestigasi permasalahan nyata, merancang solusi, mengevaluasi dampak lingkungan, serta menerjemahkan konsep-konsep ilmiah ke dalam tindakan yang dapat diamati [1], [2], [4]. Oleh karena itu, instrumen penilaian dalam mata kuliah sains lingkungan tidak semestinya hanya menguji penguasaan materi mahasiswa, tetapi juga perlu menyediakan bukti terstruktur mengenai bagaimana mahasiswa menunjukkan karakter peduli lingkungan melalui perencanaan proyek, kolaborasi, pengembangan produk, penggunaan material secara bertanggung jawab, dan pengambilan keputusan reflektif [4], [5], [6].

Project-Based Learning (PjBL) telah banyak diakui sebagai model pedagogis yang mendukung pembelajaran aktif, kontekstual, dan berpusat pada mahasiswa, terutama pada mata kuliah yang menuntut pemecahan masalah serta integrasi antara teori dan praktik. Dalam pembelajaran yang berorientasi pada lingkungan dan keberlanjutan, PjBL memungkinkan mahasiswa mengidentifikasi isu-isu ekologis, merumuskan ide proyek, mengembangkan solusi teknologi tepat guna, menguji kelayakan proyek, serta mengomunikasikan temuan mereka melalui luaran autentik [7], [8], [9], [10]. Bukti empiris menunjukkan bahwa PjBL dapat meningkatkan literasi lingkungan, perilaku pro-lingkungan, kesadaran keberlanjutan, kemampuan berpikir kreatif, hasil belajar, serta keterlibatan mahasiswa dalam menyelesaikan permasalahan lingkungan [1], [2], [3], [8], [10]. Sebuah meta-analisis juga menegaskan bahwa PjBL cenderung memberikan dampak positif terhadap capaian belajar, motivasi, dan keterampilan belajar mahasiswa, meskipun efektivitasnya sangat bergantung pada kualitas desain pembelajaran, struktur proyek, mekanisme umpan balik, serta keselarasan antara aktivitas pembelajaran dan prosedur penilaian [9], [11], [12]. Dengan demikian, PjBL sangat relevan untuk diterapkan dalam mata kuliah Fisika Lingkungan karena memungkinkan mahasiswa menghubungkan konsep-konsep ilmiah dengan perancangan teknologi tepat guna dan praktik pemecahan masalah lingkungan.

Namun demikian, efektivitas PjBL sangat dipengaruhi oleh ketersediaan instrumen penilaian yang valid, reliabel, dan selaras dengan konteks pembelajaran. Tanpa perangkat penilaian yang tepat, PjBL berisiko hanya mengevaluasi produk akhir dan mengabaikan bukti pembelajaran penting lainnya, seperti proses inkuiri mahasiswa, kesadaran ekologis, kerja sama tim, tanggung jawab, penggunaan bahan daur ulang atau material lokal, serta refleksi keberlanjutan [4], [5], [6]. Beberapa penelitian menegaskan bahwa instrumen penilaian karakter dan perilaku lingkungan memerlukan validitas isi, validitas konstruk, pengujian empiris, serta indikator operasional yang jelas agar skor yang dihasilkan dapat diinterpretasikan secara bertanggung jawab [6], [13], [14]. Selain itu, kualitas asesmen berbasis angket dan rubrik dapat diperkuat melalui uji keterbacaan, *pretesting*, dan evaluasi kognitif untuk mengurangi ambiguitas serta memastikan bahwa responden memahami makna yang dimaksud dalam setiap

butir instrumen [15], [16], [17]. Oleh sebab itu, pengembangan instrumen penilaian berbasis PjBL perlu mengintegrasikan validasi ahli, pengujian validitas empiris, analisis reliabilitas, respons pengguna, serta revisi berdasarkan bukti implementasi.

Karakter peduli lingkungan merupakan konstruk multidimensional yang perlu dinilai melalui perilaku yang dapat diamati, bukan hanya melalui sikap yang dilaporkan sendiri oleh mahasiswa. Konstruk ini mencakup kemauan mahasiswa untuk mencegah kerusakan lingkungan, menggunakan kembali material secara bertanggung jawab, menjaga kebersihan, menghemat sumber daya, berkolaborasi dalam tindakan ekologis, serta merefleksikan dampak keberlanjutan dari aktivitas yang mereka lakukan [1], [18], [19]. Kajian tentang *green character*, kepedulian lingkungan, dan pembelajaran keberlanjutan menunjukkan bahwa karakter ekologis mahasiswa dapat diperkuat ketika aktivitas pembelajaran menghadirkan pengalaman konkret, permasalahan lingkungan yang kontekstual, potensi lokal, dan tindakan berbasis proyek [19], [20], [21]. Temuan lain juga menunjukkan bahwa penggunaan bahan daur ulang, karya berbasis lingkungan, sumber daya lokal, dan bahan ajar berbasis pendidikan keberlanjutan dapat mendukung pembentukan karakter karena mahasiswa mengalami secara langsung hubungan antara pengetahuan ilmiah, nilai-nilai lingkungan, dan tanggung jawab praktis [20], [22], [23], [24], [25]. Oleh karena itu, instrumen penilaian karakter peduli lingkungan perlu mengombinasikan berbagai bentuk bukti, termasuk tugas proyek, rubrik produk, lembar observasi, penilaian diri, penilaian teman sejawat, dan jurnal refleksi.

Kebutuhan terhadap instrumen tersebut tampak jelas dalam konteks Program Studi Pendidikan Fisika UIN Raden Intan Lampung, khususnya pada mata kuliah Fisika Lingkungan. Hasil temuan awal menunjukkan bahwa tingkat kemudahan belajar mahasiswa hanya mencapai 44,4%, familiaritas terhadap PjBL sebesar 39,9%, ketersediaan instrumen penilaian sebesar 33,2%, dan karakter peduli lingkungan sebesar 24,9%. Hasil ini menunjukkan bahwa konteks pembelajaran masih menghadapi tantangan substantif dalam mengintegrasikan pedagogi berbasis proyek dengan penilaian karakter lingkungan yang terstruktur. Rendahnya ketersediaan instrumen penilaian menjadi persoalan yang sangat penting karena pembelajaran lingkungan membutuhkan perangkat yang mampu mendokumentasikan proses, produk, sikap, dan refleksi mahasiswa secara komprehensif [6], [12], [13]. Selain itu, rendahnya skor karakter peduli lingkungan mengindikasikan bahwa aktivitas pembelajaran perlu didukung oleh praktik penilaian yang tidak hanya mengukur capaian mahasiswa, tetapi juga membimbing mereka menuju perilaku ekologis yang lebih bertanggung jawab [19], [26], [27].

Penelitian terdahulu telah mengkaji PjBL dalam kaitannya dengan literasi lingkungan, kesadaran keberlanjutan, kemampuan berpikir kreatif, hasil belajar, perilaku pro-lingkungan, dan *green character* [1], [2], [3], [8], [10], [11], [27]. Penelitian lain juga telah mengembangkan atau memvalidasi instrumen yang berkaitan dengan sikap peduli lingkungan, *green behavior*, *green character*, dan inklusi pendidikan [6], [13], [17]. Namun demikian, masih terdapat celah penelitian dalam pengembangan paket instrumen penilaian berbasis PjBL yang terintegrasi dan secara khusus dirancang untuk menilai karakter peduli lingkungan mahasiswa pada mata kuliah Fisika Lingkungan melalui proyek teknologi tepat guna. Penelitian yang ada cenderung berfokus pada dampak instruksional PjBL atau pada validasi instrumen karakter lingkungan, tetapi belum secara memadai mengintegrasikan tugas proyek, rubrik produk, observasi proses, penilaian diri, penilaian teman sejawat, dan jurnal refleksi ke dalam satu sistem penilaian yang koheren untuk pembelajaran Fisika Lingkungan di pendidikan tinggi. Untuk menjawab celah

tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan dan menguji kelayakan, validitas, reliabilitas, serta kepraktisan instrumen penilaian berbasis *Project-Based Learning* untuk menilai karakter peduli lingkungan mahasiswa pada mata kuliah Fisika Lingkungan.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan untuk menghasilkan, memvalidasi, serta mengevaluasi instrumen penilaian berbasis *Project-Based Learning* (PjBL) yang digunakan untuk menilai karakter peduli lingkungan mahasiswa pada mata kuliah Fisika Lingkungan. Metode penelitian dirancang agar instrumen yang dikembangkan tidak hanya sesuai secara teoritis dengan prinsip asesmen autentik dan pembelajaran berbasis proyek, tetapi juga memiliki dukungan empiris melalui validasi ahli, uji keterbacaan, respons pengguna, uji validitas, uji reliabilitas, serta evaluasi implementasi. Proses pengembangan dilakukan secara sistematis dengan menggunakan model ADDIE yang terdiri atas tahap *analysis*, *design*, *development*, *implementation*, dan *evaluation*. Model ini dipilih karena memiliki alur yang jelas dalam mengubah hasil analisis kebutuhan menjadi produk instrumen penilaian yang dapat diuji, direvisi, dan digunakan secara lebih bertanggung jawab dalam konteks pembelajaran.

Desain Penelitian

Desain penelitian ini menggunakan model pengembangan ADDIE yang meliputi lima tahap utama, yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi kebutuhan mahasiswa dan dosen dalam pembelajaran Fisika Lingkungan, khususnya berkaitan dengan tingkat kemudahan pembelajaran, pemahaman terhadap PjBL, ketersediaan instrumen penilaian, dan karakter peduli lingkungan mahasiswa. Tahap desain dilakukan dengan menyusun indikator karakter peduli lingkungan, kisi-kisi instrumen, tugas proyek, rubrik penilaian, lembar observasi, penilaian diri, penilaian teman sejawat, dan jurnal refleksi. Tahap pengembangan dilakukan melalui validasi oleh ahli instrumen penilaian, ahli materi, dan ahli bahasa, kemudian dilanjutkan dengan revisi produk berdasarkan masukan validator. Tahap implementasi dilakukan melalui uji kelompok kecil dan uji lapangan untuk memperoleh data empiris mengenai validitas, reliabilitas, keterbacaan, dan kepraktisan instrumen. Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai kualitas akhir produk berdasarkan hasil validasi ahli, respons dosen dan mahasiswa, validitas butir, reliabilitas instrumen, serta hasil implementasi dalam pembelajaran berbasis proyek.

Tabel 1. Desain Pengembangan Instrumen Berbasis ADDIE

Tahap	Aktivitas Utama	Luaran
<i>Analysis</i>	Analisis kebutuhan, lingkungan sekitar, karakteristik mata kuliah, dan karakter mahasiswa	Peta kebutuhan asesmen dan masalah lingkungan
<i>Design</i>	Penyusunan indikator, kisi-kisi, tugas proyek, rubrik, dan angket	Draf awal instrumen penilaian
<i>Development</i>	Validasi ahli materi, ahli instrumen penilaian, ahli bahasa, dan revisi produk	Instrumen yang telah divalidasi
<i>Implementation</i>	Uji kelompok kecil dan uji lapangan kepada mahasiswa	Data validitas, reliabilitas, keterbacaan, dan respons pengguna
<i>Evaluation</i>	Evaluasi kualitas butir, reliabilitas, dan kesesuaian instrumen dengan prinsip PjBL	Produk akhir instrumen penilaian

Tabel 1 menunjukkan bahwa pengembangan instrumen tidak dilakukan secara langsung pada tahap implementasi, melainkan melalui proses bertahap yang dimulai dari analisis kebutuhan, penyusunan desain, validasi ahli, revisi produk, uji coba, dan evaluasi akhir. Alur tersebut penting untuk memastikan bahwa instrumen yang dikembangkan memiliki kesesuaian konseptual, kelayakan teknis, dan dukungan empiris sebelum digunakan secara lebih luas dalam pembelajaran Fisika Lingkungan.

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Intan Lampung, yang mengikuti atau memiliki keterkaitan pengalaman belajar dengan mata kuliah Fisika Lingkungan. Sampel penelitian terdiri atas beberapa kelompok sesuai dengan tahapan pengembangan produk. Pada tahap validasi ahli, penelitian melibatkan tiga validator yang terdiri atas ahli instrumen penilaian, ahli materi, dan ahli bahasa. Selain itu, dua dosen pengampu atau praktisi pembelajaran dilibatkan untuk memberikan penilaian terhadap kejelasan, keterpakaian, dan kesesuaian instrumen dengan kebutuhan pembelajaran. Pada tahap uji kelompok kecil, penelitian melibatkan 20 mahasiswa untuk menilai keterbacaan, kejelasan instruksi, dan respons awal terhadap instrumen. Pada tahap uji lapangan, penelitian melibatkan 58 mahasiswa semester enam Program Studi Pendidikan Fisika untuk memperoleh data validitas, reliabilitas, kepraktisan, serta hasil implementasi instrumen dalam pembelajaran berbasis proyek.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Intan Lampung, Indonesia. Konteks pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah mata kuliah Fisika Lingkungan, khususnya pada materi yang berkaitan dengan teknologi tepat guna dan pemecahan masalah lingkungan. Pelaksanaan penelitian mencakup beberapa tahap, yaitu studi pendahuluan, perancangan instrumen, validasi ahli, uji kelompok kecil, uji lapangan, dan evaluasi akhir produk. Karena naskah belum mencantumkan informasi waktu penelitian secara spesifik, penulis disarankan untuk menambahkan bulan, semester, atau tahun akademik pelaksanaan penelitian pada versi final agar transparansi metodologis artikel menjadi lebih kuat.

Prosedur Penelitian dan Instrumen

Prosedur penelitian diawali dengan studi pendahuluan untuk mengidentifikasi kesenjangan antara kondisi ideal dan kondisi aktual pembelajaran Fisika Lingkungan. Hasil pra-penelitian menunjukkan bahwa tingkat kemudahan pembelajaran mahasiswa berada pada persentase 44,4%, pemahaman dan pengalaman mahasiswa terhadap PjBL sebesar 39,9%, ketersediaan instrumen penilaian sebesar 33,2%, dan karakter peduli lingkungan mahasiswa sebesar 24,9%. Temuan tersebut menjadi dasar empiris bahwa diperlukan pengembangan instrumen penilaian berbasis PjBL yang mampu menilai karakter peduli lingkungan secara lebih terstruktur, autentik, dan komprehensif. Setelah tahap analisis kebutuhan, peneliti menyusun indikator karakter peduli lingkungan dan mengembangkannya menjadi komponen instrumen yang terdiri atas tugas proyek, rubrik produk, lembar observasi proses, penilaian diri, penilaian teman sejawat, dan jurnal refleksi. Instrumen yang telah disusun kemudian divalidasi oleh ahli untuk menilai kesesuaian isi, kejelasan konstruk, ketepatan indikator, kualitas rubrik, relevansi materi,

dan ketepatan bahasa. Hasil validasi digunakan sebagai dasar revisi sebelum instrumen diujicobakan kepada mahasiswa.

Tabel 2. Struktur Instrumen Penilaian yang Dikembangkan

Komponen Instrumen	Fungsi Penilaian	Bentuk Data
Task proyek teknologi tepat guna	Menilai kemampuan merancang solusi lingkungan berbasis proyek	Skor kinerja dan produk
Rubrik produk proyek	Menilai fungsi, keberlanjutan, kreativitas, dan kelayakan produk	Skor rubrik
Lembar observasi proses	Menilai kerja sama, tanggung jawab, disiplin, dan tindakan peduli lingkungan	Skor observasi
Penilaian diri	Menilai kesadaran, komitmen, dan perilaku ekologis mahasiswa	Skor sikap
Penilaian teman sejawat	Menilai kontribusi anggota kelompok selama proyek	Skor <i>peer assessment</i>
Jurnal refleksi	Menilai kedalaman refleksi dan rencana tindak lanjut	Narasi reflektif dan skor rubrik

Tabel 2 memperlihatkan bahwa instrumen dikembangkan dalam bentuk paket asesmen multidimensi. Struktur ini memungkinkan karakter peduli lingkungan mahasiswa dinilai tidak hanya melalui pernyataan sikap, tetapi juga melalui kinerja proyek, kualitas produk, perilaku yang dapat diamati, kontribusi dalam kelompok, penilaian teman sejawat, dan kedalaman refleksi. Dengan demikian, instrumen ini diharapkan dapat mengurangi subjektivitas penilaian dan memperkuat interpretasi terhadap karakter peduli lingkungan mahasiswa.

Teknik Analisis Data

Data penelitian dianalisis dengan teknik deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Data kuantitatif meliputi skor validasi ahli, persentase respons dosen dan mahasiswa, hasil uji validitas butir, koefisien reliabilitas, skor keterbacaan, serta perubahan skor karakter peduli lingkungan mahasiswa. Skor validasi ahli dan respons pengguna dikonversi ke dalam bentuk persentase, kemudian diinterpretasikan berdasarkan kategori kelayakan, yaitu 0–25% tidak layak, 26–50% kurang layak, 51–75% layak, dan 76–100% sangat layak. Validitas butir dianalisis untuk mengetahui sejauh mana setiap butir atau komponen instrumen mampu merepresentasikan konstruk karakter peduli lingkungan yang diukur. Reliabilitas instrumen dianalisis menggunakan *Cronbach's alpha* untuk mengetahui konsistensi internal instrumen. Sementara itu, data kualitatif berupa komentar validator, masukan dosen, respons mahasiswa pada uji kelompok kecil, dan catatan selama implementasi dianalisis secara deskriptif untuk memperbaiki redaksi, format, rubrik, instruksi proyek, dan panduan jurnal refleksi.

Evaluasi Dampak

Evaluasi dampak dilakukan untuk mengetahui sejauh mana instrumen yang dikembangkan mampu menangkap perubahan karakter peduli lingkungan mahasiswa selama implementasi pembelajaran berbasis proyek. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan skor awal dan skor akhir karakter peduli lingkungan mahasiswa, kemudian peningkatannya dianalisis menggunakan *normalized gain* atau N-gain. Hasil implementasi menunjukkan bahwa skor karakter peduli lingkungan mahasiswa meningkat dari rerata awal 49,18 menjadi 83,42, dengan

nilai N-gain sebesar 0,67. Nilai tersebut menunjukkan adanya peningkatan pada kategori sedang menuju tinggi. Temuan ini mengindikasikan bahwa instrumen yang dikembangkan dapat digunakan untuk mendokumentasikan perubahan karakter peduli lingkungan mahasiswa melalui aktivitas proyek. Namun demikian, karena penelitian ini berfokus pada pengembangan instrumen dan belum menggunakan desain eksperimen penuh dengan kelompok pembandingan, hasil peningkatan tersebut perlu dipahami sebagai bukti awal dampak implementasi, bukan sebagai kesimpulan kausal yang bersifat final. Penelitian lanjutan dengan sampel yang lebih luas, konteks mata kuliah yang beragam, serta desain eksperimen atau kuasi-eksperimen yang lebih kuat diperlukan untuk menguji generalisasi dan efektivitas instrumen secara lebih mendalam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan Produk Instrumen Penilaian Berbasis Project-Based Learning

Hasil utama penelitian ini adalah paket instrumen penilaian berbasis *Project-Based Learning* (PjBL) yang dikembangkan untuk menilai karakter peduli lingkungan mahasiswa pada mata kuliah Fisika Lingkungan. Instrumen ini dirancang untuk mengintegrasikan aktivitas proyek teknologi tepat guna dengan pengukuran karakter peduli lingkungan secara autentik, komprehensif, dan berbasis bukti kinerja. Produk akhir tidak hanya berupa lembar penilaian, tetapi mencakup tugas proyek, rubrik produk, lembar observasi proses, penilaian diri, penilaian teman sejawat, dan jurnal refleksi. Struktur tersebut dikembangkan agar penilaian tidak hanya berorientasi pada hasil akhir proyek, tetapi juga mencakup proses perencanaan, tanggung jawab selama pelaksanaan, kemampuan memanfaatkan kembali material, kerja sama, serta kedalaman refleksi mahasiswa terhadap keberlanjutan lingkungan.

Pengembangan indikator karakter peduli lingkungan dilakukan dengan menerjemahkan konstruk karakter ke dalam perilaku yang dapat diamati dan dinilai. Indikator tersebut disusun ke dalam empat dimensi utama, yaitu pencegahan kerusakan lingkungan, pemanfaatan kembali material, tanggung jawab ekologis, dan refleksi keberlanjutan. Keempat dimensi ini dipilih karena sesuai dengan karakteristik pembelajaran Fisika Lingkungan yang menuntut mahasiswa tidak hanya memahami konsep lingkungan secara teoritis, tetapi juga mampu menunjukkan tindakan nyata melalui proyek berbasis masalah lingkungan. Pemetaan indikator karakter peduli lingkungan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pemetaan Indikator Karakter Peduli Lingkungan

Dimensi	Indikator Operasional	Contoh Bukti Penilaian
Pencegahan kerusakan	Mengidentifikasi sumber masalah lingkungan dan merancang tindakan pencegahan	Analisis masalah dan rencana proyek
Pemanfaatan kembali material	Menggunakan bahan bekas atau lokal secara aman dan produktif	Prototipe teknologi tepat guna
Tanggung jawab ekologis	Menjaga kebersihan, menghemat sumber daya, dan bekerja sesuai prosedur	Observasi proses dan <i>peer assessment</i>
Refleksi keberlanjutan	Menilai dampak proyek dan merancang tindak lanjut	Jurnal refleksi

Tabel 3 menunjukkan bahwa setiap dimensi karakter peduli lingkungan dikaitkan secara langsung dengan bukti penilaian yang dapat diamati. Pemetaan ini memperkuat autentisitas instrumen karena mahasiswa tidak hanya diminta menyatakan sikap peduli lingkungan, tetapi juga menunjukkan kepedulian tersebut melalui tindakan, produk, proses kerja, dan refleksi. Dengan demikian, instrumen yang dikembangkan memiliki kesesuaian dengan prinsip asesmen autentik dalam PjBL, yaitu menilai kompetensi mahasiswa melalui aktivitas nyata yang relevan dengan konteks kehidupan dan permasalahan lingkungan.

Hasil Validasi Ahli terhadap Instrumen

Validasi ahli dilakukan untuk menilai kelayakan teoritis dan teknis instrumen sebelum diimplementasikan kepada mahasiswa. Validasi melibatkan tiga kategori ahli, yaitu ahli instrumen penilaian, ahli materi, dan ahli bahasa. Ahli instrumen penilaian menilai kesesuaian konstruk, indikator, rubrik, dan format penilaian. Ahli materi menilai kesesuaian substansi instrumen dengan materi teknologi tepat guna dan Fisika Lingkungan. Ahli bahasa menilai kejelasan instruksi, keterbacaan, konsistensi istilah, dan ketepatan redaksi instrumen.

Hasil validasi menunjukkan bahwa seluruh aspek memperoleh kategori sangat layak. Ahli instrumen penilaian memberikan skor 92,31%, ahli materi memberikan skor 90,63%, dan ahli bahasa memberikan skor 91,07%. Rerata keseluruhan validasi mencapai 91,34%, yang menunjukkan bahwa instrumen telah memenuhi kriteria kelayakan untuk dilanjutkan ke tahap uji coba. Ringkasan hasil validasi ahli disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli terhadap Instrumen

Validator	Aspek yang Dinilai	Persentase	Kategori
Ahli instrumen penilaian	Konstruk, indikator, rubrik, dan format penilaian	92,31%	Sangat layak
Ahli materi	Kesesuaian materi teknologi tepat guna dan fisika lingkungan	90,63%	Sangat layak
Ahli bahasa	Kejelasan instruksi, keterbacaan, dan konsistensi istilah	91,07%	Sangat layak
Rerata	Seluruh aspek	91,34%	Sangat layak

Berdasarkan Tabel 4, instrumen yang dikembangkan memperoleh penilaian sangat layak pada seluruh aspek. Skor tertinggi terdapat pada aspek instrumen penilaian, yang menunjukkan bahwa konstruk, indikator, dan format rubrik telah dinilai sesuai untuk mengukur karakter peduli lingkungan dalam konteks pembelajaran berbasis proyek. Sementara itu, skor validasi materi dan bahasa juga berada pada kategori sangat layak, yang menunjukkan bahwa instrumen memiliki relevansi substansial dengan mata kuliah Fisika Lingkungan serta dapat dipahami oleh pengguna. Beberapa masukan validator digunakan untuk menyempurnakan produk, antara lain memperjelas perbedaan antara penggunaan bahan bekas sebagai dekorasi dan sebagai solusi fungsional, menambahkan aspek keselamatan kerja dalam instruksi proyek, serta memperkuat pertanyaan reflektif mengenai dampak produk terhadap lingkungan kampus.

Hasil Uji Empiris Instrumen

Setelah melalui validasi ahli dan revisi awal, instrumen diuji secara empiris melalui uji kelompok kecil dan uji lapangan. Uji kelompok kecil dilakukan kepada 20 mahasiswa untuk menilai keterbacaan, kejelasan instruksi, dan respons awal pengguna. Setelah revisi berdasarkan hasil uji kelompok kecil, instrumen diimplementasikan pada uji lapangan yang melibatkan 58 mahasiswa semester enam Program Studi Pendidikan Fisika. Uji empiris dilakukan untuk memperoleh bukti validitas butir, reliabilitas instrumen, keterbacaan, serta respons dosen dan mahasiswa terhadap penggunaan instrumen.

Hasil analisis menunjukkan bahwa 22 dari 24 butir instrumen dinyatakan valid, sedangkan dua butir memerlukan revisi karena nilai korelasi butir-total belum memenuhi kriteria minimal. Reliabilitas instrumen mencapai nilai Cronbach's alpha sebesar 0,89, yang menunjukkan bahwa instrumen memiliki konsistensi internal yang tinggi. Selain itu, respons dosen mencapai 91,25%, respons mahasiswa mencapai 88,84%, dan keterbacaan instrumen mencapai 87,50%. Seluruh hasil tersebut berada pada kategori sangat baik atau sangat layak. Ringkasan hasil uji empiris disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Empiris Instrumen

Aspek Uji	Hasil	Keputusan
Validitas butir	22 dari 24 butir valid	Layak dengan revisi minor
Reliabilitas	<i>Cronbach alpha</i> = 0,89	Tinggi
Respons dosen	91,25%	Sangat layak
Respons mahasiswa	88,84%	Sangat layak
Keterbacaan	87,50%	Sangat baik

Tabel 5 menunjukkan bahwa instrumen memiliki dukungan empiris yang memadai untuk digunakan dalam pembelajaran Fisika Lingkungan. Nilai reliabilitas yang tinggi menunjukkan bahwa butir instrumen dan rubrik memiliki konsistensi internal yang kuat dalam mengukur konstruk karakter peduli lingkungan. Respons dosen dan mahasiswa yang berada pada kategori sangat layak juga menunjukkan bahwa instrumen mudah digunakan, relevan dengan aktivitas proyek, dan membantu memperjelas kriteria penilaian. Secara praktis, dosen memperoleh alat bantu untuk menilai proses dan produk proyek secara lebih terstruktur, sedangkan mahasiswa memperoleh panduan yang jelas mengenai aspek yang dinilai selama pelaksanaan proyek.

Perubahan Skor Karakter Peduli Lingkungan Mahasiswa

Implementasi instrumen dalam pembelajaran berbasis proyek menunjukkan adanya peningkatan skor karakter peduli lingkungan mahasiswa. Rerata skor awal mahasiswa sebesar 49,18 meningkat menjadi 83,42 setelah implementasi PjBL berbasis instrumen yang dikembangkan. Nilai N-gain keseluruhan sebesar 0,67 berada pada kategori sedang menuju tinggi. Peningkatan terjadi pada seluruh dimensi karakter peduli lingkungan, dengan nilai tertinggi pada dimensi pemanfaatan kembali material sebesar 0,71 dan refleksi keberlanjutan sebesar 0,70. Sementara itu, dimensi pencegahan kerusakan lingkungan memperoleh N-gain sebesar 0,65 dan tanggung jawab ekologis sebesar 0,63. Perubahan skor karakter peduli lingkungan mahasiswa disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Perubahan Skor Karakter Peduli Lingkungan Mahasiswa

Dimensi	Skor Awal	Skor Akhir	N-gain	Kategori
Pencegahan kerusakan lingkungan	50,12	82,65	0,65	Sedang
Pemanfaatan kembali material	47,80	84,70	0,71	Tinggi
Tanggung jawab ekologis	51,24	81,95	0,63	Sedang
Refleksi keberlanjutan	47,55	84,38	0,70	Tinggi
Rerata	49,18	83,42	0,67	Sedang-tinggi

Tabel 6 menunjukkan bahwa instrumen yang dikembangkan mampu mendokumentasikan perubahan karakter peduli lingkungan mahasiswa selama implementasi PjBL. Peningkatan tertinggi pada dimensi pemanfaatan kembali material mengindikasikan bahwa proyek teknologi tepat guna memberi ruang konkret bagi mahasiswa untuk menggunakan bahan bekas atau lokal secara produktif dan aman. Peningkatan pada dimensi refleksi keberlanjutan menunjukkan bahwa jurnal refleksi membantu mahasiswa mengevaluasi dampak produk terhadap lingkungan serta merumuskan tindak lanjut yang lebih bertanggung jawab. Meskipun dimensi tanggung jawab ekologis mengalami peningkatan paling rendah dibandingkan dimensi lainnya, hasilnya tetap berada pada kategori sedang. Hal ini menunjukkan bahwa tanggung jawab ekologis membutuhkan pembiasaan perilaku yang lebih berkelanjutan, bukan hanya aktivitas proyek dalam satu periode pembelajaran.

Pembahasan

Temuan penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan instrumen penilaian berbasis PjBL perlu dimulai dari analisis kebutuhan yang kuat. Data pra-penelitian menunjukkan bahwa tingkat kemudahan pembelajaran, pemahaman terhadap PjBL, ketersediaan instrumen penilaian, dan karakter peduli lingkungan mahasiswa masih berada pada kategori rendah. Kondisi ini memperlihatkan bahwa permasalahan utama dalam pembelajaran Fisika Lingkungan tidak hanya terletak pada strategi pembelajaran, tetapi juga pada belum optimalnya perangkat asesmen yang mampu menilai proses, produk, dan karakter mahasiswa secara terpadu. Temuan ini sejalan dengan penelitian Pertiwi et al. [1], Azrai et al. [2], dan Darmawan et al. [4] yang menegaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat memperkuat literasi lingkungan, perilaku pro-lingkungan, pemahaman konsep, dan sikap peduli lingkungan apabila aktivitas pembelajaran dikaitkan dengan masalah nyata dan didukung oleh penilaian yang relevan.

Hasil pengembangan instrumen menunjukkan bahwa karakter peduli lingkungan perlu diterjemahkan ke dalam indikator operasional yang dapat diamati. Empat dimensi yang dikembangkan, yaitu pencegahan kerusakan lingkungan, pemanfaatan kembali material, tanggung jawab ekologis, dan refleksi keberlanjutan, memberikan dasar yang lebih konkret dalam menilai karakter mahasiswa. Hal ini memperkuat pandangan Nurhidayati et al. [6], Sukri et al. [13], dan Nurhidayati et al. [14] bahwa instrumen karakter lingkungan harus memiliki konstruk yang jelas, indikator yang terukur, serta bukti validitas yang kuat agar interpretasi skor dapat dipertanggungjawabkan. Dengan demikian, instrumen ini tidak hanya menilai sikap

dalam bentuk pernyataan, tetapi juga menilai bukti tindakan melalui proyek, observasi, penilaian sejawat, dan refleksi.

Hasil validasi ahli yang mencapai rerata 91,34% menunjukkan bahwa instrumen memiliki kelayakan teoritis yang sangat baik. Kelayakan tersebut menunjukkan bahwa konstruk, materi, rubrik, dan bahasa instrumen telah memenuhi kriteria awal sebagai perangkat asesmen autentik. Hasil ini sejalan dengan Widiani et al. [17], Lenzner et al. [15], dan Zwierzchowska et al. [17] yang menekankan bahwa kualitas instrumen penilaian sangat ditentukan oleh keselarasan antara tujuan, indikator, aktivitas, rubrik, dan keterbacaan item. Instrumen yang memiliki redaksi jelas dan indikator operasional yang tepat akan membantu dosen menghasilkan penilaian yang lebih konsisten serta membantu mahasiswa memahami standar kinerja yang diharapkan.

Temuan uji empiris menunjukkan bahwa 22 dari 24 butir valid dan reliabilitas instrumen mencapai Cronbach's alpha sebesar 0,89. Hasil ini mengindikasikan bahwa instrumen memiliki konsistensi internal yang tinggi dan layak digunakan dengan revisi minor pada beberapa butir. Reliabilitas yang tinggi tidak hanya menunjukkan kestabilan butir, tetapi juga mencerminkan bahwa dimensi yang dikembangkan memiliki hubungan konseptual yang kuat dengan konstruk karakter peduli lingkungan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Sukri et al. [13] dan Nurhidayati et al. [14] yang menekankan pentingnya pengujian empiris dalam validasi instrumen *green character* dan *green behavior*. Di sisi lain, adanya dua butir yang belum valid menunjukkan bahwa proses pengembangan instrumen tetap membutuhkan revisi berkelanjutan, terutama pada kejelasan redaksi, kesesuaian indikator, dan ketepatan bukti perilaku yang dinilai.

Peningkatan skor karakter peduli lingkungan dari 49,18 menjadi 83,42 dengan N-gain sebesar 0,67 menunjukkan bahwa instrumen tidak hanya berfungsi sebagai alat ukur, tetapi juga menjadi bagian dari proses pembelajaran. Dalam PjBL, rubrik dan instruksi penilaian dapat mengarahkan mahasiswa untuk memahami standar kinerja, merencanakan tindakan, mengevaluasi produk, dan merefleksikan dampak lingkungan dari proyek yang dibuat. Temuan ini konsisten dengan penelitian Setiawan et al. [26], Ayerbe López dan Perales Palacios [28], serta Hikamah et al. [19] yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek lingkungan dapat meningkatkan kesadaran keberlanjutan dan karakter peduli lingkungan. Dengan kata lain, asesmen dalam penelitian ini tidak bersifat pasif, tetapi berperan sebagai *assessment for learning* yang membantu mahasiswa mengembangkan perilaku ekologis selama proses pembelajaran.

Peningkatan tertinggi pada dimensi pemanfaatan kembali material menunjukkan bahwa proyek teknologi tepat guna mampu memberikan pengalaman konkret kepada mahasiswa dalam menghubungkan konsep Fisika Lingkungan dengan praktik penggunaan bahan bekas atau lokal. Temuan ini sejalan dengan Nugroho et al. [20], Apriyansyah dan Kurniawaty [23], serta Purba et al. [24] yang menunjukkan bahwa penggunaan karya berbasis lingkungan dan barang bekas dalam pembelajaran dapat memperkuat kreativitas, karakter, dan keterampilan abad ke-21. Dalam konteks penelitian ini, mahasiswa tidak hanya memahami isu lingkungan secara konseptual, tetapi juga mengembangkan produk sederhana yang merepresentasikan solusi terhadap masalah lingkungan di sekitar kampus.

Dimensi refleksi keberlanjutan juga mengalami peningkatan tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa jurnal refleksi berperan penting dalam membantu mahasiswa menilai kembali proses proyek, manfaat produk, dan dampaknya terhadap lingkungan. Refleksi menjadi

komponen penting karena karakter peduli lingkungan tidak hanya ditunjukkan melalui tindakan sesaat, tetapi juga melalui kesadaran kritis mengenai konsekuensi ekologis dari tindakan tersebut. Temuan ini relevan dengan penelitian Nurazizah dan Rochintaniawati [3], Peters et al. [12], dan Kusumawati et al. [25] yang menegaskan bahwa pendidikan keberlanjutan perlu mengintegrasikan pengetahuan, sikap, praktik, dan refleksi agar peserta didik mampu memahami isu lingkungan secara lebih komprehensif.

Meskipun demikian, dimensi tanggung jawab ekologis menunjukkan peningkatan paling rendah dibandingkan dimensi lain. Hasil ini dapat dipahami karena tanggung jawab ekologis merupakan aspek karakter yang membutuhkan pembiasaan, konsistensi perilaku, dan penguatan budaya belajar yang berkelanjutan. Aktivitas proyek dalam satu periode pembelajaran dapat memicu perubahan, tetapi belum tentu cukup untuk membentuk kebiasaan ekologis yang stabil. Oleh karena itu, instrumen ini perlu digunakan secara berulang dalam berbagai proyek atau mata kuliah agar tanggung jawab ekologis mahasiswa dapat berkembang lebih kuat. Hal ini sejalan dengan Hidayat et al. [18], Nurhidayati et al. [27], dan Rukoyah et al. [21] yang menekankan bahwa internalisasi karakter dan kesadaran lingkungan membutuhkan pengalaman kontekstual, pembiasaan, serta dukungan lingkungan belajar yang konsisten.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan paket instrumen penilaian berbasis PjBL yang secara khusus dirancang untuk menilai karakter peduli lingkungan mahasiswa dalam konteks mata kuliah Fisika Lingkungan melalui proyek teknologi tepat guna. Penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada pengaruh PjBL terhadap literasi lingkungan, kesadaran keberlanjutan, hasil belajar, atau perilaku pro-lingkungan [1], [2], [3], [4], [11], [28], [29], [30], sedangkan penelitian lain berfokus pada validasi instrumen *green character* atau *green behavior* [6], [13], [14]. Penelitian ini mengisi celah tersebut dengan mengintegrasikan tugas proyek, rubrik produk, observasi proses, penilaian diri, penilaian teman sejawat, dan jurnal refleksi dalam satu sistem asesmen yang koheren. Dengan demikian, instrumen ini memiliki potensi untuk digunakan sebagai perangkat asesmen autentik yang menilai karakter peduli lingkungan secara lebih menyeluruh.

Implikasi penelitian ini bersifat teoretis dan praktis. Secara teoretis, penelitian ini memperkuat gagasan bahwa asesmen karakter lingkungan perlu dikembangkan melalui pendekatan multidimensi yang menggabungkan bukti kognitif, afektif, perilaku, produk, dan refleksi. Secara praktis, instrumen ini dapat membantu dosen menilai karakter peduli lingkungan secara lebih objektif, sistematis, dan transparan. Bagi mahasiswa, instrumen ini memberikan kejelasan mengenai indikator keberhasilan proyek dan perilaku ekologis yang diharapkan. Bagi program studi, instrumen ini dapat menjadi model pengembangan asesmen autentik untuk mata kuliah lain yang berorientasi pada pendidikan lingkungan dan keberlanjutan.

Namun, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, implementasi dilakukan pada satu program studi sehingga generalisasi temuan ke konteks pendidikan tinggi lain perlu dilakukan secara hati-hati. Kedua, instrumen dikembangkan secara spesifik untuk mata kuliah Fisika Lingkungan dan proyek teknologi tepat guna sehingga adaptasi diperlukan apabila digunakan pada mata kuliah atau disiplin ilmu berbeda. Ketiga, pengujian validitas masih terbatas pada validasi ahli, validitas butir, reliabilitas, dan respons pengguna, sehingga penelitian lanjutan perlu melibatkan sampel yang lebih besar untuk menguji validitas konstruk melalui *exploratory factor analysis* atau *confirmatory factor analysis*. Keempat, peningkatan

skor karakter peduli lingkungan belum dapat ditafsirkan sebagai efek kausal penuh karena penelitian ini berfokus pada pengembangan instrumen dan belum menggunakan desain eksperimen dengan kelompok pembandingan yang kuat. Oleh karena itu, penelitian berikutnya disarankan untuk menguji efektivitas instrumen dalam desain kuasi-eksperimen, lintas mata kuliah, dan lintas institusi agar bukti validitas, reliabilitas, kepraktisan, dan generalisasi instrumen semakin kuat.

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan instrumen penilaian berbasis *Project-Based Learning* untuk menilai dan mendukung penguatan karakter peduli lingkungan mahasiswa pada mata kuliah Fisika Lingkungan. Produk terdiri atas *task* proyek, rubrik produk, lembar observasi, penilaian diri, penilaian teman sejawat, dan jurnal refleksi. Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa instrumen berada pada kategori sangat layak, dengan rerata validasi 91,34%. Hasil uji empiris menunjukkan 22 dari 24 butir valid, reliabilitas *Cronbach's alpha* sebesar 0,89, respons dosen 91,25%, dan respons mahasiswa 88,84%. Implementasi instrumen menunjukkan perubahan positif skor karakter peduli lingkungan mahasiswa dari rerata 49,18 menjadi 83,42 dengan *N-gain* 0,67. Dengan demikian, instrumen yang dikembangkan memiliki bukti awal kelayakan, reliabilitas, dan kepraktisan sebagai alternatif asesmen autentik berbasis proyek. Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji validitas konstruk pada sampel lebih luas dan mengadaptasi instrumen pada mata kuliah sains lain yang berorientasi pada keberlanjutan.

INFORMASI PENULIS

Penulis Koresponden

Yani Suryani – Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia).
Email: yanisuryani@radenintan.ac.id

Penulis

Eka Yunita Rhomadona – Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);
Email: ekarhomadonal@gmail.com

Sri Latifah – Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);
Email: srilatifah@radenintan.ac.id

Yani Suryani – Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Tarbiyah dan Keguruan, Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung (Indonesia);
Email: yanisuryani@radenintan.ac.id

KONFLIK KEPENTINGAN

"Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan."

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. U. Pertiwi, D. Oetomo, and B. Sugiharto, "The effectiveness of STEM Project-Based Learning in improving students' environmental literacy abilities," *JPBI (Jurnal*

- Pendidikan Biologi Indonesia*), vol. 10, no. 2, pp. 476–485, Jul. 2024. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v10i2.33562>
- [2] E. P. Azrai, E. Heryanti, V. Ramadhani, and M. Ilyas, “Enhancing students’ pro-environmental behavior through project-based learning,” *Biosfer*, vol. 17, no. 2, pp. 317–325, Oct. 2024. <https://doi.org/10.21009/biosferjpb.28352>
 - [3] W. E. Nurazizah, W. Purwianingsih, R. Solihat, I. Andriyatno, and D. N. Lestari, “Project-Based Learning contains Sustainable Development Goals: The efforts to improve students’ sustainability awareness,” *Edusains*, vol. 16, no. 1, pp. 306–312, 2024.
 - [4] E. Darmawan, I. Sukmawati, and B. A. Damayanti, “The effect of the project-based learning (PjBL) on concept understanding and environmental care attitudes,” *JPBIO (Jurnal Pendidikan Biologi)*, vol. 8, no. 2, pp. 196–205, Nov. 2023. <https://doi.org/10.31932/jpbio.v8i2.2413>
 - [5] I. W. Widiana, I. W. Kertih, M. G. R. Kristiantari, D. P. Parmiti, and M. A. Adijaya, “The effect of Project Based Assessment with Value Clarification Technique in improving students’ civics learning outcomes by controlling the family environment,” *Eur. J. Educ. Res.*, vol. 11, no. 4, pp. 1969–1979, Oct. 2022. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.4.1969>
 - [6] S. Nurhidayati, E. Susantini, S. Safnowandi, F. Rachmadiarti, K. Khaeruman, and A. Sukri, “Development of local potential-based environmental care instrument and its ability to reveal students’ caring attitudes at genders and grades,” *Int. J. Instr.*, vol. 15, no. 4, pp. 613–628, Oct. 2022. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.15433a>
 - [7] D. Retnasari, A. A. Nurlita, and P. M. Utami, “Increasing environmental awareness through Project-Based Learning (PjBL) containing sustainable fashion,” pp. 1315–1324, 2025. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-360-3_112
 - [8] R. Mursid, A. H. Saragih, and R. Hartono, “The effect of the blended project-based learning model and creative thinking ability on engineering students’ learning outcomes,” *Int. J. Educ. Math. Sci. Technol.*, vol. 10, no. 1, pp. 218–235, Dec. 2021. <https://doi.org/10.46328/ijemst.2244>
 - [9] C. Marnewick, “Student experiences of project-based learning in agile project management education,” *Proj. Leadersh. Soc.*, vol. 4, p. 100096, Dec. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.plas.2023.100096>
 - [10] M.-M. Li and C.-C. Tu, “Developing a Project-Based Learning course model combined with the Think–Pair–Share strategy to enhance creative thinking skills in education students,” *Educ. Sci.*, vol. 14, no. 3, p. 233, Feb. 2024. <https://doi.org/10.3390/educsci14030233>
 - [11] L. Zhang and Y. Ma, “A study of the impact of project-based learning on student learning effects: A meta-analysis study,” *Front. Psychol.*, vol. 14, Jul. 2023. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1202728>
 - [12] A. K. Peters et al., “Sustainability in computing education: A systematic literature review,” *ACM Trans. Comput. Educ.*, vol. 24, no. 1, 2024. <https://doi.org/10.1145/3639060>
 - [13] A. Sukri, M. A. Rizka, E. Purwanti, S. Ramdiah, and M. Lukitasari, “Validating student’s green character instrument using factor and Rasch model,” *Eur. J. Educ. Res.*, vol. 11, no. 2, pp. 859–872, Apr. 2022. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.11.2.859>
 - [14] S. Nurhidayati, S. Safnowandi, S. Sanapiah, K. Khaeruman, and A. Sukri, “Validation of students’ green behavior instrument based on local potential using Structural Equation Modeling with Smart Partial Least Squares,” *Eur. J. Educ. Res.*, vol. 14, no. 1, pp. 215–230, Dec. 2024. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.14.1.215>

- [15] T. Lenzner, P. Hadler, and C. Neuert, “An experimental test of the effectiveness of cognitive interviewing in pretesting questionnaires,” *Qual. Quant.*, vol. 57, no. 4, pp. 3199–3217, Aug. 2023. <https://doi.org/10.1007/s11135-022-01489-4>
- [16] M. Wenemark, N. Ngwili, D. Ndoboli, B. Wieland, and K. Roesel, ““How are my age and cows related?” Cognitive interviewing as a tool to pretest survey questions in two limited resource settings,” *Front. Vet. Sci.*, vol. 9, Jul. 2022. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.833748>
- [17] A. Zwierzchowska, K. Kostorz, B. Rosolek, and E. Tomińska-Conte, “Validation of the Perceptions of Inclusion Questionnaire including PE teachers’ opinion as part of an innovative use of the tool,” *Sustainability*, vol. 14, no. 6, p. 3241, Mar. 2022. <https://doi.org/10.3390/su14063241>
- [18] M. Hidayat, R. W. A. Rozak, K. A. Hakam, M. D. Kembara, and M. Parhan, “Character education in Indonesia: How is it internalized and implemented in virtual learning?,” *J. Cakrawala Pendidik.*, vol. 41, no. 1, pp. 186–198, Feb. 2021. <https://doi.org/10.21831/cp.v41i1.45920>
- [19] S. R. Hikamah and H. Hariyanto, “Project-Based Environmental Science Learning to create environmental care character,” *IJIS Edu Indones. J. Integr. Sci. Educ.*, vol. 7, no. 2, p. 245, Jul. 2025. <https://doi.org/10.29300/ijisedu.v7i2.7257>
- [20] A. S. Nugroho, B. Sumardjoko, A. Desstyia, Minsih, and Choiriyah, “Strengthening the character of caring for the environment in elementary schools through Ecoprint artwork,” *Int. J. Elem. Educ.*, vol. 7, no. 3, pp. 394–402, Aug. 2023. <https://doi.org/10.23887/ijee.v7i3.56472>
- [21] S. Rukoyah, A. Permanasari, and S. Kurniasih, “Integrating Project-Based Learning and Place-Based Education on renewable energy to enhance students’ creativity and environmental awareness,” *AL-ISHLAH J. Pendidik.*, vol. 17, no. 4, Dec. 2025. <https://doi.org/10.35445/alishlah.v17i4.7472>
- [22] A. A. P. P. Putri, B. Rahardjo, and N. A. Olby, “Project-Based Learning model improves ability to understand environmental cleanliness in early childhood,” *J. Pendidik. Anak Usia Dini Undiksha*, vol. 11, no. 1, pp. 43–51, Apr. 2023. <https://doi.org/10.23887/paud.v11i1.54589>
- [23] C. Apriyansyah and L. Kurniawaty, “Pengembangan model permainan berbasis barang bekas untuk membangun kompetensi abad 21 pada anak usia dini,” *J. Obs. J. Pendidik. Anak Usia Dini*, vol. 6, no. 6, pp. 6837–6849, Nov. 2022. <https://doi.org/10.31004/obsesi.v6i6.3446>
- [24] Y. O. Purba, J. M. Sihite, H. Sinaga, K. W. A. Siahaan, and W. Yunita, “Utilization of used goods as a Biomath learning MediOa,” *IJIS Edu Indones. J. Integr. Sci. Educ.*, vol. 4, no. 1, p. 10, Jan. 2022. <https://doi.org/10.29300/ijisedu.v4i1.4957>
- [25] P. R. D. Kusumawati, R. Aristiyanto, and I. K. Muflikhah, “Pengembangan e-modul berbasis pendidikan lingkungan berkelanjutan dalam pembelajaran IPA,” *LENZA (Lentera Sains) J. Pendidik. IPA*, vol. 13, no. 2, pp. 149–155, Dec. 2023. <https://doi.org/10.24929/lenza.v13i2.366>
- [26] H. Setiawan, K. Kusnadi, H. K. Surtikanti, and R. Riandi, “Gender differences and the correlation of environmental knowledge with sustainability awareness after ESD-PjBL implementation,” *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, vol. 9, no. 3, pp. 371–386, Oct. 2023. <https://doi.org/10.22219/jpbi.v9i3.26049>
- [27] S. Nurhidayati, Safnowandi, Khaeruman, and A. Sukri, “The design of project-based learning model based on local potential and social constructive investigation and its impact on students’ green behavior,” *Perspect. Sci. Educ.*, vol. 67, no. 1, pp. 201–216, Mar. 2024. <https://doi.org/10.32744/pse.2024.1.11>

- [28] J. A. López and F. J. P. Palacios, “Effects of a Project-Based Learning methodology on environmental awareness of secondary school students,” *Int. J. Instr.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–22, Jan. 2024. <https://doi.org/10.29333/iji.2024.1711a>
- [29] I. Andriyatno, W. Purwianingsih, R. Solihat, W. E. Nurazizah, and K. W. A. L. Levhan, “Project-Based Learning (PjBL) contains Sustainable Development Goals (SDGs): Students’ metacognitive awareness improvement efforts,” *Edusains*, vol. 16, no. 2, pp. 167–181, Dec. 2024. <https://doi.org/10.15408/es.v16i2.37868>
- [30] D. Maulina, A. Hikmawati, and R. R. T. Marpaung, “The effect of implementing ESD in the PBL model on critical thinking ability in environmental pollution material,” *Tadris J. Kegur. dan Ilmu Tarb.*, vol. 8, no. 2, pp. 253–262, Dec. 2023. <https://doi.org/10.24042/tadris.v8i2.18444>