Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)
p-ISSN: 2797-2879, e-ISSN: 2797-2860
Volume 6, nomor 4, 2026, hal. 3376-3387
Doi: https://doi.org/10.53299/jppi.v6i4.5321

Pengembangan Modul Ajar *Protufel* (Produk Turunan F2 *Eco-Enzyme* Lengkuas) Berbasis PjBL untuk Meningkatkan Literasi Lingkungan dan Kreativitas pada Fase E

Erwin Saputra*, Sri Wardhani, Marlina Ummas Genisa
Program Studi S2 Pendidikan Biologi, Program Pascasarjana, Universitas Muhammadiyah Palembang, Palembang, Indonesia

*Corresponding Author: erwindzakiyya@gmail.com
Dikirim: 15-08-2026; Direvisi: 24-10-2026; Diterima: 26-10-2026

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah untuk menguraikan analisis kebutuhan pembelajaran biologi dan mengembangkan modul ajar *Protufel* berbasis proyek (PjBL) yang valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan kreativitas dan literasi lingkungan. Metode penelitian ini menggunakan model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, and Disseminate*) dan teknik pengumpulan data berupa angket, wawancara, tes, dokumentasi, dan observasi. Penelitian ini melibatkan murid SMA Negeri 1 Talang Ubi dengan sampel dari kelas X1 dan X2. Analisis data menggunakan uji normalitas, homogenitas, t-test, Wilcoxon, Mann-Whitney, dan N-Gain. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul ajar *Protufel* sangat valid (91,00%), praktis (96,35% keterbacaan murid; penilaian guru 94,05%); dan efektif meningkatkan literasi lingkungan (N-Gain pengetahuan-keterampilan 0,6. Kreativitas kelompok berbeda secara signifikan (Sig. < 0,001) yang ditunjukkan dari uji Mann-Whitney dan Wilcoxon. Modul *Protufel* berbasis PjBL valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan literasi lingkungan dan kreativitas murid fase E tentang materi Mitigasi Perubahan Iklim dengan hasil keterlaksanaan pembelajaran 99,49% dan respons murid 90,56%. Rekomendasi pengabdian selanjutnya adalah melakukan pendampingan kepada guru agar dapat memahami sintaks PjBL pada pembelajaran *Protufel*, mendorong murid memaksimalkan penggunaan LKM dan materi ajar, serta mengembangkan variasi *Protufel* seperti sabun padat, sabun cuci piring, dan pupuk organik cair untuk memperkuat kreativitas dan literasi lingkungan murid.

Kata Kunci: Literasi Lingkungan; Kreativitas; Modul Ajar *Protufel*.

Abstract: The purpose of this study was to describe the needs analysis of biology learning and develop a *Protufel* project-based learning (PjBL) module that is valid, practical, and effective in improving students' creativity and environmental literacy. This study used the 4D development model (Define, Design, Develop, and Disseminate), with data collected through questionnaires, interviews, tests, documentation, and observations. The study involved students of SMA Negeri 1 Talang Ubi, with samples drawn from classes X1 and X2. Data were analyzed using normality tests, homogeneity tests, t-tests, Wilcoxon tests, Mann-Whitney tests, and N-Gain analysis. The results showed that the *Protufel* learning module was highly valid (91.00%), practical (96.35% student readability; 94.05% teacher assessment), and effective in improving environmental literacy (knowledge and skills N-Gain of 0.6). Creativity differed significantly between groups (Sig. < 0.001), as shown by the Mann-Whitney and Wilcoxon tests. Therefore, the PjBL-based *Protufel* module was valid, practical, and effective in improving the environmental literacy and creativity of Phase E students on the topic of Climate Change Mitigation, with a learning implementation rate of 99.49% and a student response rate of 90.56%. The recommendation for future community service is to provide guidance for teachers to understand the PjBL syntax in *Protufel* learning, encourage students to maximize the use of student worksheets and learning materials, and develop *Protufel* product variations such as solid soap, dishwashing soap, and liquid organic fertilizer to strengthen students' creativity and environmental literacy.

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

Keywords: Environmental Literacy; Creativity; *Protufel* Teaching Module.

PENDAHULUAN

Literasi lingkungan dikaitkan dengan kemampuan individu untuk memahami pengetahuan ekologis, mengidentifikasi dan memecahkan masalah lingkungan, menunjukkan kepedulian, serta melakukan tindakan bertanggung jawab terhadap lingkungan (Svobodová, 2023). Kemampuan ini penting dikembangkan melalui pendidikan karena kerusakan ekosistem, pencemaran, perubahan iklim, penumpukan sampah, dan kehilangan keanekaragaman hayati terus menjadi persoalan global. Pendidikan lingkungan di sekolah tidak hanya mengajarkan ide-ide, tetapi juga mengajarkan sikap, cara memecahkan masalah, dan cara hidup yang ramah lingkungan. Ini sesuai dengan Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, yang menempatkan lingkungan sebagai bagian dari bahasan ilmu pengetahuan alam dengan tujuan membantu murid memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang lingkungan sekitar, peningkatkan pengetahuan, pemahaman dan kemampuan berpikir kritis mereka.

Literasi lingkungan murid di Indonesia masih perlu ditingkatkan. Penelitian Anggraini & Nazip, (2022) menunjukkan bahwa kemampuan literasi lingkungan murid secara kumulatif belum optimal, terutama karena pengambilan keputusan belum sepenuhnya mempertimbangkan aspek pelestarian lingkungan. Santoso et al., (2021) juga meyebutkan bahwa literasi lingkungan murid berada pada kategori cukup, yaitu 58,48%. Berdasarkan indikator *Middle School Environmental Literacy Survey* (MSELS), literasi lingkungan meliputi pengetahuan ekologi, keterampilan pemecahan masalah, sikap peduli lingkungan, dan perilaku bertanggung jawab (McBeth & Volk, 2009). Kemampuan yang rendah ini menunjukkan bahwa diperlukan pembelajaran yang menghubungkan materi pelajaran dengan masalah lingkungan sehari-hari.

Selain literasi lingkungan, kreativitas merupakan keterampilan abad ke-21 yang diperlukan murid untuk menghasilkan gagasan orisinal, mengembangkan berbagai alternatif solusi, dan menciptakan produk yang bermanfaat. Kreativitas mencakup kelancaran, fleksibilitas, keaslian, elaborasi, serta kemampuan menunda pengambilan kesimpulan sampai informasi yang diperlukan tersedia (Wallach & Torrance, 1968). Pembelajaran berbasis proyek atau *Project-Based Learning* (PjBL) relevan digunakan karena melibatkan murid dalam penyelidikan mendalam, perencanaan, pelaksanaan, penilaian, dan refleksi terhadap suatu proyek. Penelitian Putra et al., (2024) dan Aripin & Putri, (2021) menunjukkan bahwa PjBL dapat meningkatkan *ecoliteracy*, kreativitas, keaktifan, dan keberanian murid dalam menyampaikan pendapat. Salym et al., (2022) juga menemukan bahwa pembelajaran berbasis proyek lingkungan berpengaruh positif terhadap kemampuan berpikir kreatif ditinjau dari literasi lingkungan.

Kajian penelitian terdahulu menunjukkan bahwa *Project-Based Learning* (PjBL) secara konsisten berkaitan dengan peningkatan literasi lingkungan, hasil belajar, dan kreativitas murid pada berbagai jenjang pendidikan. Menurut Purwati et al., (2023) bahwa PjBL berbantuan poster dapat meningkatkan literasi lingkungan secara signifikan, dengan respons murid berada pada kategori baik hingga sangat baik, sedangkan Yuliandini et al., (2021) melaporkan bahwa PjBL berbantuan instagram berpengaruh signifikan terhadap literasi lingkungan sekaligus hasil belajar kognitif.

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

Pada tingkat perguruan tinggi, Faediyah et al., (2024) menekankan perlunya penerapan model pembelajaran berbasis proyek lingkungan lintas program studi untuk membentuk mahasiswa sebagai agen perubahan, sementara Mundaeng et al., (2023) membuktikan efektivitas PjBL dalam pembelajaran biologi melalui peningkatan ketuntasan belajar murid dari 5% pada siklus pertama menjadi 82% pada siklus kedua. Kajian Napitupulu et al., (2025) juga memperkuat pentingnya literasi lingkungan dengan menunjukkan bahwa afeksi lingkungan menyumbang 54,2% variasi perilaku pro-lingkungan, sehingga kepedulian murid perlu diperkuat bersama penguasaan pengetahuan ekologis. Dari sisi kreativitas, Amriani et al., (2024) menyimpulkan melalui *Systematic Literature Review* bahwa PjBL berdampak positif terhadap kreativitas murid karena dilaksanakan secara sistematis dengan urutan perencanaan, eksplorasi ide, dan produksi karya nyata. Didukung pula dari penelitian pengembangan e-modul PjBL yang layak dan efektif karena dapat meningkatkan kreativitas (Wahyuni et al., 2025; Sriwindari et al., 2022). Lebih lanjut, penelitian proyek berbasis produk lokal *eco-enzym* mampu menumbuhkan kreativitas, kemandirian, dan jiwa *eco-preneur* murid. Secara keseluruhan, penelitian-penelitian tersebut menegaskan bahwa PjBL efektif apabila dikombinasikan dengan media, konteks lingkungan, dan produk yang relevan dengan kebutuhan murid (Saputra et al., 2024).

Hasil analisis kebutuhan di empat SMA Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir menunjukkan bahwa seluruh guru Biologi mengalami kendala dalam menyusun modul ajar, sedangkan 82,4% murid menginginkan pembelajaran berbasis proyek dan 89,9% tertarik mengolah sampah organik menjadi produk bermanfaat. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan membuat modul pembelajaran *Protufel* yang menggunakan pendekatan PjBL pada materi Mitigasi Perubahan Iklim, agar dapat meningkatkan pemahaman lingkungan dan upaya kreatif murid fase E di SMAN 1 Talang Ubi. Pengembangan dilakukan menggunakan model 4D yang meliputi *define, design, develop*, dan *disseminate*. Produk yang diharapkan valid, praktis, dan efektif. serta mendukung pembelajaran kontekstual melalui pemanfaatan fermentasi kedua *eco-enzyme* lengkuas menjadi produk fungsional.

Keterbaruan (*novelty*) penelitian ini terletak pada integrasi literasi lingkungan dan kreativitas dalam satu model modul ajar PjBL yang dikembangkan secara kontekstual melalui proyek *Protufel*. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya berfokus pada satu variabel, misalnya literasi lingkungan saja (Purwati et al., 2023; Wahyuni et al., 2025), kreativitas secara umum (Amriani et al., 2024), atau pengembangan e-modul berbasis PjBL (Sriwindari et al., 2022), penelitian ini menggabungkan kedua kompetensi tersebut dalam satu produk pembelajaran. Pendekatan ini sejalan dengan temuan Napitupulu et al. (2025) bahwa literasi lingkungan mencakup pengetahuan ekologis, keterampilan kognitif, afeksi lingkungan, dan perilaku pro-lingkungan, sehingga penguatan kreativitas menjadi bagian penting dalam mendorong tindakan nyata yang berwawasan lingkungan.

Selain itu, penelitian ini memiliki kebaruan pada penggunaan bahan lokal dan isu perubahan iklim sebagai konteks proyek, yaitu pemanfaatan lengkuas dan sampah organik untuk produksi *eco-enzym*. Hal ini melanjutkan hasil analisis kebutuhan Saputra et al., (2025) yang menunjukkan bahwa guru membutuhkan modul ajar cetak berbasis PjBL, sementara murid dan guru menginginkan kegiatan proyek *Protufel* pada Fase E. Dengan demikian, kontribusi utama penelitian ini adalah menghasilkan modul ajar PjBL yang tidak hanya valid dan praktis, tetapi juga dirancang untuk

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

meningkatkan literasi lingkungan sekaligus kreativitas murid melalui pengalaman belajar kontekstual, produk nyata, dan penguatan perilaku peduli lingkungan.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pengembangan model 4D oleh Thiagarajan, (1974) terdiri dari definisi, desain, pengembangan, dan penyebaran. Produk yang dibuat berupa modul ajar *Protufel* berbasis PjBL pada materi Mitigasi Perubahan Iklim, khususnya pengelolaan sampah organik melalui pemanfaatan fermentasi kedua *eco-enzyme* lengkuas. Modul dirancang menggunakan aplikasi *Canva*, disimpan dalam format pdf, dan dicetak dalam bentuk buku.

Analisis kebutuhan, karakteristik murid, tugas, konsep, dan tujuan pembelajaran termasuk dalam tahap definisi (*define*). Tahap desain mencakup penyusunan materi, lembar kerja murid, sintaks PjBL, instrumen penilaian, dan rancangan awal modul. Tahap pembuatan (*develop*) mencakup validasi ahli bahasa, materi, perangkat pembelajaran, dan evaluasi, kemudian dilanjutkan dengan revisi, uji keterbacaan, kepraktisan, dan keefektifan. Tahap penyebaran (*disseminate*) dilakukan melalui pengemasan dan penyebarluasan modul kepada guru dan murid.

Subjek penelitian adalah murid kelas X SMAN 1 Talang Ubi yang dipilih menggunakan *purposive sampling*. Uji keterbacaan melibatkan 10 murid kelas XI, sedangkan uji keefektifan melibatkan kelas eksperimen dan kontrol, masing-masing berjumlah 36 murid. Penelitian menggunakan desain *pretest-posttest control group*. Kelas eksperimen difasilitasi dengan modul *Protufel* berbasis PjBL, sementara kelas kontrol menggunakan bahan ajar yang biasa digunakan guru.

Data dikumpulkan melalui wawancara, angket, tes, observasi, dan dokumentasi. Instrumen mengukur validitas, kepraktisan, keterbacaan, literasi lingkungan, kreativitas, keterlaksanaan pembelajaran, dan respons murid. Beberapa uji statistik, termasuk uji normalitas, homogenitas, uji t, uji Wilcoxon, uji Mann–Whitney, dan uji N-Gain, digunakan untuk menganalisis data secara deskriptif dan inferensial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilaksanakan untuk menjawab kebutuhan pembelajaran Biologi melalui pengembangan modul ajar *Protufel* berbasis *Project-Based Learning* (PjBL). Pengembangan modul dilakukan melalui tahapan analisis kebutuhan, validasi, uji kepraktisan, dan uji efektivitas untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan layak digunakan serta mampu meningkatkan kreativitas dan literasi lingkungan murid. Hasil penelitian disajikan dalam empat bagian, yaitu analisis kebutuhan, kevalidan, kepraktisan, dan efektivitas modul ajar *Protufel* berbasis PjBL pada pembelajaran Biologi Fase E materi Mitigasi Perubahan Iklim. Analisis kebutuhan dilakukan untuk mengidentifikasi kendala guru dan kebutuhan murid terkait PjBL, kreativitas, dan literasi lingkungan. Kevalidan modul dinilai validator dari aspek isi, bahasa, perangkat pembelajaran, dan evaluasi. Kepraktisan diuji melalui respons guru dan keterbacaan murid. Efektivitas diukur dari peningkatan literasi lingkungan dan kreativitas murid, keterlaksanaan pembelajaran, serta respons murid.

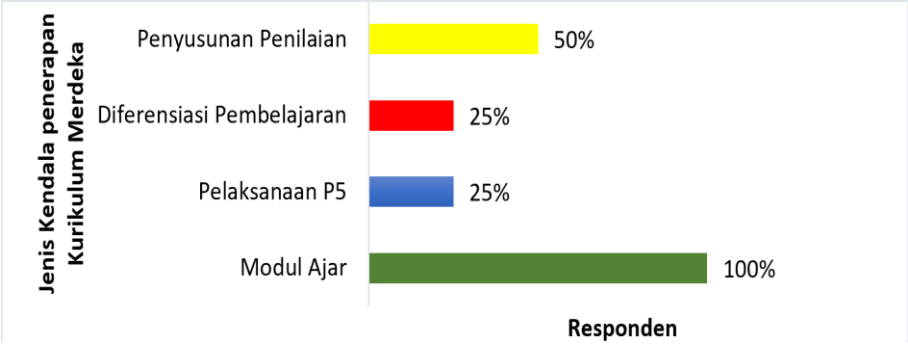
Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

Hasil Analisis Kebutuhan Modul Ajar *Protufel* Berbasis PjBL

Peneliti menganalisis kebutuhan guru dan murid di tiga kecamatan (Talang Ubi, Penukal, dan Penukal Utara) di Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir (PALI). Tujuannya adalah untuk mengetahui masalah nyata dalam proses pembelajaran Biologi.

Empat sekolah di tiga kecamatan Kabupaten Penukal Abab Lematang Ilir, SMAN 1 Talang Ubi, SMAN 2 Unggulan Talang Ubi, SMAN 1 Penukal, dan SMAN 1 Penukal Utara, digunakan untuk melakukan analisis kebutuhan pada tahap *Define* dalam model pengembangan 4D. Hasil *front-end analysis* menunjukkan bahwa 100% guru mengalami kesulitan menyusun modul ajar (Gambar 1) berbasis PjBL dengan sintaks yang lengkap. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa kesulitan guru dalam menerapkan PjBL terjadi pada seluruh sintaks, khususnya ketika guru belum terbiasa merancang kegiatan proyek secara tertulis dan sistematis. Selain itu, keterbatasan pemahaman terhadap langkah-langkah PjBL (Wardhan & Kurniawan, 2023).

Sebanyak 100% guru menginginkan adanya integrasi kreativitas karena indikator kreativitas belum sepenuhnya dipahami. Kebutuhan tersebut sesuai dengan keterampilan berpikir tingkat tinggi C6 (*mencipta*), yang mendorong murid merancang, memodifikasi, dan menghasilkan produk atau solusi baru. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa PjBL mampu meningkatkan kreativitas murid melalui kegiatan eksplorasi, pemecahan masalah, dan penciptaan produk.

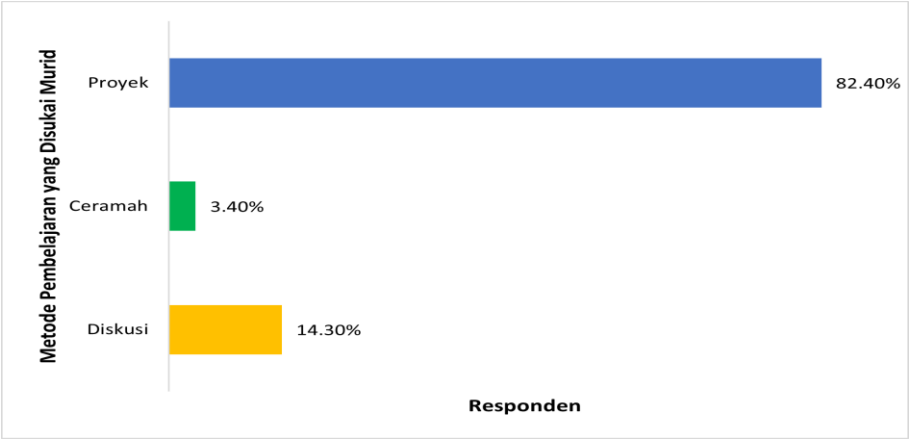


Gambar 1. Kendala Guru dalam Mengimplementasikan Kurikulum Merdeka

Sebanyak 75% guru menilai bahwa kesadaran literasi lingkungan murid masih rendah. Hal ini terlihat dari kebiasaan memilah dan membuang sampah yang masih memerlukan pengawasan secara terus-menerus. Literasi lingkungan penting karena mencakup pengetahuan, keterampilan, dan sikap untuk menjaga serta melestarikan lingkungan (Purwati et al., 2023). Hasil *learner analysis* diperoleh data kualitatif pembelajaran sering menggunakan metode ceramah, penggunaan power point, dan Lembar Kerja Murid yang belum sesuai dengan sintaks model pembelajaran. Kondisi tersebut berpotensi menjadikan murid sebagai penerima informasi yang pasif karena pembelajaran lebih berpusat pada guru, sehingga keterlibatan murid dalam diskusi, eksplorasi, dan pemecahan masalah menjadi terbatas untuk mengembangkan kreativitas. Demikian pula, penggunaan *PowerPoint* akan lebih efektif apabila tidak hanya berfungsi sebagai media penyajian satu arah, melainkan dipadukan dengan interaksi, diskusi, dan kegiatan kolaboratif yang melibatkan murid secara aktif (Wulandari et al., 2023).

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

Sebaliknya, 82,40% murid menginginkan pembelajaran berbasis proyek karena dinilai lebih efektif, berpusat pada murid, dan memotivasi pembelajaran yang bermakna (Gambar 2).

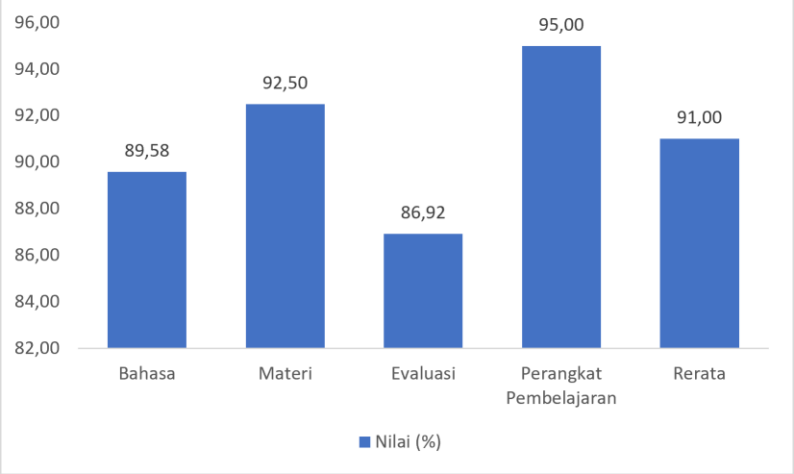


Gambar 2. Hasil Analisis Metode Pembelajaran

Sejumlah 100% guru memilih materi Mitigasi Perubahan Iklim, khususnya pengelolaan sampah, sedangkan 89,90% murid menginginkan penerapan proyek *Protufel*. Karena itulah, diperlukan modul ajar PjBL *Protufel* dalam bentuk cetak untuk mengolah sampah organik menjadi karbol, sekaligus mengembangkan kreativitas dan literasi lingkungan murid.

Kevalidan Modul Ajar *Protufel* Berbasis PjBL

Hasil dari empat validator yang memeriksa bahasa, materi, perangkat pembelajaran, dan evaluasi menunjukkan bahwa diperoleh kualifikasi yang sangat baik dengan beberapa perbaikan sesuai rekomendasi. Semua data disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Penilaian oleh Validator

Hasil validasi oleh empat validator menunjukkan bahwa modul ajar yang dikembangkan memperoleh rerata nilai 91,00% dengan kualifikasi sangat baik dan dinyatakan valid tanpa revisi. Nilai tertinggi diperoleh pada aspek perangkat pembelajaran sebesar 95,00%, diikuti aspek materi sebesar 92,50%, bahasa sebesar

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

89,58%, dan evaluasi sebesar 86,92%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa modul telah memiliki kesesuaian isi, penggunaan bahasa, kelengkapan perangkat pembelajaran, serta kualitas evaluasi yang baik. Meskipun demikian, beberapa perbaikan tetap dilakukan berdasarkan saran validator untuk menyempurnakan produk. Didukung oleh Usman et al., (2023) bahwa modul ajar dirancang secara luwes dengan mempertimbangkan kebutuhan belajar murid sehingga kompetensi pembelajaran pada Capaian Pembelajaran dapat ditempuh. Modul ajar perlu divalidasi oleh validator agar hasilnya layak digunakan berdasarkan saran dan masukan yang sifatnya membangun. Dikutip dari Sugiyono, (2013) bahwa validasi dilakukan oleh validator untuk menguji kelayakan produk yang sedang dikembangkan selanjutnya diperbaiki sesuai saran dan masukan agar produk layak guna. Produk yang telah diperbaiki sesuai saran selanjutnya dianalisis secara deskrptif kualitatif. Dengan demikian, modul ajar *Protufel* berbasis PjBL layak digunakan pada tahap uji coba pembelajaran.

Kepraktisan Modul Ajar *Protufel* Berbasis PjBL

Uji kepraktisan modul ajar *Protufel* dilakukan untuk mengetahui tingkat kemudahan penggunaan, kejelasan penyajian, keterbacaan, serta kesesuaian isi modul sebelum digunakan secara lebih luas. Pengujian melibatkan murid dan guru sebagai pengguna langsung perangkat pembelajaran. Pada murid, kepraktisan diuji melalui Lembar Kerja Murid (LKM) karena instrumen tersebut digunakan secara langsung dalam proses pembelajaran dan penyelesaian proyek. Melalui LKM, peneliti dapat menilai keterbacaan materi, kejelasan petunjuk, kemenarikan tampilan, serta kemudahan murid dalam mengikuti setiap langkah kegiatan. Hal ini sejalan dengan Fuadi, (2024) yang menyatakan bahwa uji kepraktisan kepada murid dapat dilakukan menggunakan lembar kerja karena instrumen tersebut digunakan untuk menyelesaikan proyek, sedangkan guru menilai modul ajar. Hasil uji keterbacaan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Keterbacaan LKM *Protufel* oleh Murid

Pengujian awal	∑ NRS	∑ Maks	%NRS	Respons
Uji Coba Keterbacaan LKM *Protufel*	501	520	96,35	Sangat Kuat

Uji keterbacaan dilakukan kepada 10 murid kelas XI F1B SMA Negeri 1 Talang Ubi menggunakan angket yang terdiri atas 13 pernyataan dengan skala penilaian 4, yaitu sangat setuju. Hasil pengujian memperoleh skor sebesar 96,35 dan termasuk kategori sangat kuat. Data tersebut menunjukkan bahwa LKM mudah dibaca, dipahami, dan diikuti oleh murid. Meskipun ditemukan beberapa kesalahan pengetikan pada pertanyaan, seluruh kekurangan tersebut telah diperbaiki sebelum LKM disebarluaskan.

Sementara itu, penilaian kepraktisan modul ajar *Protufel* oleh guru mencakup 13 aspek, antara lain desain sampul dan halaman, penggunaan gambar, ukuran serta jenis huruf, tata bahasa, kejelasan instruksi, kelengkapan komponen, sistematika penyajian, kesesuaian materi dengan tujuan dan kurikulum, serta keterlaksanaan pembelajaran. Rerata penilaian guru sebesar 94,05 dan termasuk kategori sangat praktis. Beberapa revisi kecil dilakukan pada desain halaman, penggunaan gambar, pembagian tugas kelompok, dan kegiatan pemecahan masalah. Perbaikan tersebut

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

bertujuan menjadikan modul lebih komunikatif dan mudah dipahami pengguna (Ananda et al., 2024).

Efektivitas Modul Ajar *Protufel* Berbasis PjBL

Penerapan modul ajar *Protufel* berbasis *Project-Based Learning* (PjBL) terbukti efektif dalam meningkatkan literasi lingkungan dan keterampilan kreativitas murid pada pembelajaran Biologi fase E. Pemilihan kelas kontrol (X1) dan kelas eksperimen (X2) dilakukan secara *purposive sampling* dengan mempertimbangkan kesetaraan kemampuan akademik, jumlah murid, dan kondisi pembelajaran. Strategi ini bertujuan agar kedua kelas memiliki kondisi awal yang relatif sebanding sehingga perbedaan hasil setelah perlakuan dapat dikaitkan dengan penerapan modul ajar *Protufel*. Hal ini sejalan dengan gagasan penelitian bahwa penggunaan *purposive sampling* didasarkan pada pertimbangan tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian (Sugiyono, 2015).

Pada aspek literasi lingkungan, hasil uji normalitas menunjukkan bahwa data pre-test dan post-test pada kelas kontrol dan eksperimen berdistribusi normal karena nilai signifikansi di atas 0,05. Hasil uji homogenitas juga menunjukkan bahwa nilai signifikansi di atas 0,05 artinya varians di kedua kelompok tersebut homogen dan memenuhi syarat untuk analisis parametrik. Hasil perhitungan N-Gain menunjukkan peningkatan pengetahuan dan keterampilan pada kelas kontrol sebesar 0,36 dengan kategori sedang dan kriteria tidak efektif, dan pada kelas eksperimen sebesar 0,62 dengan kategori sedang dan kriteria cukup efektif. Pada aspek sikap, kelas kontrol memperoleh N-Gain sebesar 0,27 dengan kriteria tidak efektif, dan kelas eksperimen memperoleh N-Gain sebesar 0,97 dengan kriteria efektif. Selain itu, ditemukan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan dalam literasi lingkungan antara kedua kelas, menurut hasil uji sampel t-test independen, dengan nilai Sig. (2-tailed) <0,001. Dengan demikian, literasi lingkungan kelas eksperimen lebih baik daripada kelas kontrol.

Keunggulan kelas eksperimen berkaitan dengan penerapan sintaks PjBL secara lengkap dan sistematis. Murid tidak hanya melakukan simulasi pengolahan sampah, tetapi juga merancang dan menghasilkan produk karbol berbahan *eco-enzyme* fermentasi kedua lengkuas. Kegiatan tersebut menghubungkan konsep pengelolaan sampah, proses fermentasi, mitigasi perubahan iklim, serta pemanfaatan produk yang bernilai guna. Murid juga menganalisis permasalahan lingkungan dari aspek kesehatan, pendidikan, dan ekonomi. Temuan ini mendukung penelitian Ernawati et al., (2024) yang menyatakan bahwa sintaks PjBL yang terstruktur dapat meningkatkan sikap ilmiah, keterampilan pemecahan masalah, dan pemahaman terhadap isu lingkungan.

Karena data kelas kontrol tidak terdistribusi normal, uji nonparametrik digunakan untuk mengevaluasi efektivitas modul terhadap kreativitas. Data kelas eksperimen berdistribusi normal, dengan nilai signifikansi pretest sebesar 0,571 dan nilai signifikansi post-test sebesar 0,330. Ada perbedaan kreativitas yang signifikan antara kelas eksperimen dan kontrol, menurut hasil uji Mann–Whitney, dengan nilai signifikansi 0,001. Pada kedua kelas, uji Wilcoxon juga menunjukkan perubahan signifikan dengan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) <0,001. Namun, kreativitas kelas eksperimen lebih baik, seperti yang ditunjukkan oleh N-Gain kelas kontrol sebesar

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

0,23 dengan kategori rendah dan kriteria tidak efektif, dan N-Gain kelas eksperimen sebesar 0,57 dengan kategori sedang dan kriteria cukup efektif.

Peningkatan tersebut didukung oleh aktivitas pembelajaran yang melatih kelancaran, keluwesan, orisinalitas, dan elaborasi. Murid merancang formula *eco-enzyme* lengkuas merah dan putih dengan lima variasi komposisi, yaitu 100% lengkuas putih; 50% putih dan 50% merah; 100% lengkuas merah; 30% putih dan 70% merah; serta 60% putih dan 40% merah. Mereka juga mengembangkan desain label, bentuk kemasan, serta memanfaatkan botol bekas. Kegiatan ini sejalan dengan Azzahra et al., (2023) bahwa LKM PjBL dapat mendongkrak kreativitas dengan bereksplorasi, memecahkan masalah, dan penyelesaian proyek. Sarwati; et al., (2025) juga menegaskan bahwa modul ajar yang tepat dapat meningkatkan kemandirian, kreativitas, dan pemahaman konsep melalui proyek. Berikut adalah salah satu produk *Protufel* karbol murid (Gambar 4).



Gambar 4. Produk *Protufel* karbol

Pelaksanaan pembelajaran di kelas eksperimen memperoleh skor keterlaksanaan sebesar 90,56% dan berada pada kategori sangat terlaksana. Respons murid juga mencapai 90,56 dengan kategori sangat baik. Sebaliknya, kelas kontrol mengalami keterbatasan karena beberapa sintaks PjBL tidak dilaksanakan secara lengkap, pemantauan proyek kurang optimal, dan pembelajaran lebih berpusat pada guru. Oleh karena itu, modul ajar *Protufel* berbasis PjBL dapat dinyatakan efektif karena mampu meningkatkan literasi lingkungan dan kreativitas melalui pembelajaran yang sistematis, kontekstual, aktif, dan berfokus pada pemecahan masalah nyata.

Rekomendasi pengabdian selanjutnya adalah melakukan pendampingan kepada guru agar dapat memahami sintaks PjBL pada pembelajaran lingkungan menggunakan modul *Protufel*, mendorong murid memaksimalkan penggunaan LKM dan materi ajar, serta mengembangkan variasi produk *Protufel* seperti sabun padat, sabun cuci piring, dan pupuk organik cair untuk memperkuat kreativitas dan literasi lingkungan murid.

KESIMPULAN

Kesimpulan pengembangan modul ajar *Protufel* berbasis *Project-Based Learning* (PjBL) pada materi mitigasi perubahan iklim adalah sebagai berikut:

1. Analisis kebutuhan menunjukkan bahwa untuk meningkatkan literasi lingkungan dan kreativitas murid fase E di SMA Negeri 1 Talang Ubi, 100% guru, mengatakan bahwa penerapan modul ajar *Protufel* berbasis PjBL yang

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

memadukan literasi lingkungan dan kreativitas diperlukan. Selain itu, 82,40% murid menyatakan bahwa mereka mendukung pembelajaran berbasis proyek dengan materi Mitigasi Perubahan Iklim, terutama tentang pengolahan sampah organik menjadi Produk Turunan Fermentasi *Eco-enzyme* Lengkuas.

2. Berdasarkan hasil penilaian validator terhadap elemen bahasa, materi, perangkat pembelajaran, dan evaluasi, modul ajar *Protufel* memperoleh skor rata-rata sebesar 91,00%. Hasil ini termasuk dalam kategori sangat valid, sehingga modul dianggap layak digunakan.
3. Modul ajar *Protufel* sangat praktis, seperti yang ditunjukkan oleh persentase keterbacaan berdasarkan respons murid sebesar 96,35% dan penilaian guru sebesar 94,05%.
4. Modul ajar *Protufel* terbukti efektif dalam meningkatkan literasi lingkungan dan kreativitas murid fase E. Nilai N-Gain literasi lingkungan pada aspek pengetahuan dan keterampilan mencapai 0,62, dan nilai N-Gain pada aspek sikap mencapai 0,97, keduanya termasuk dalam kategori cukup efektif. Nilai N-Gain peningkatan kreativitas mencapai 0,57, dan nilainya juga termasuk dalam kategori cukup efektif. Sebagai bukti bahwa ada perubahan dan kemajuan yang signifikan, hasil uji sampel bebas t-Test, Mann–Whitney, dan Wilcoxon menunjukkan nilai signifikansi kurang dari 0,001. Pembelajaran terlaksana 99,49% dalam kategori sangat terlaksana, dan respons murid 90,56% dalam kategori sangat baik.

DAFTAR PUSTAKA

Amriani, S. D., Uzzakah, I., Prakoso, R. A., & ... (2024). Analisis Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) untuk Meningkatkan Kreativitas Siswa. *Jurnal Kajian ….* https://jurnal.aksaraglobal.co.id/index.php/jkppk/article/view/316

Ananda, P. N., Nerita, S., & Kasmari, R. (2024). Pengembanan E-handout Berbasis Mindmap pada Materi Sistem Koordinasi Kelas XI SMA/MA. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *8*, 8263–8272. https://jptam.org/index.php/jptam/article/view/13623

Anggraini, N., & Nazip, K. (2022). Kemampuan Literasi Lingkungan Mahasiswa Pendidikan Biologi Menggunakan Skor Nela. *Journal of Education Action Research*, *6*(4), 552–557. https://doi.org/10.23887/jear.v6i4.46975

Aripin, F. Y., & Putri, S. S. S. (2021). Peningkatan Ecoliteracy Siswa Dalam Pemanfaatan Sampah dengan Menggunakan Model Project Based Learning Pada Pembelajaran IPS. In *Pelita Calistung*. academia.edu. https://www.academia.edu/download/91913121/489785704.pdf

Azzahra, U., Arsih, F., & Alberida, H. (2023). Pengaruh Model Pembelajaran Project-Based Learning (Pjbl) Terhadap Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik Pada Pembelajaran Biologi: *Literature Review of Science Education*. https://journal.moripublishing.com/index.php/biochephy/article/view/550

Ernawati, Marsithah, I., & Jannah, M. (2024). *Pengembangan Modul Project IPAS berbasis Lingkungan dalam Kurikulum Merdeka pada Fase E*. *5*(1), 50–63. https://doi.org/10.30596/jppp.v5i1.16968

Faediyah, F., Anjelli, S., & Fasihaturrohmah, S. (2024). Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis Proyek Lingkungan Untuk Meningkatkan Literasi Ekologi Mahasiswa. *Semar : Jurnal Sosial dan Pengabdian Masyarakat*, *2*(3),

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

1–7. https://doi.org/10.59966/semar.v2i3.881

Fuadi, H. N. (2024). Metode PjBL: Strategi Pengembangan Modul Ajar Berdiferensiasi untuk Meningkatkan Keaktifan dan Kreativitas Siswa Pada Mata Pelajaran Sejarah. *Jurnal Pendidikan Madrasah*, *9*(1), 11–20. https://doi.org/10.14421/jpm.2024.11-20

McBeth, W., & Volk, T. (2009). The national environmental literacy project: A baseline study of middle grade students in the United States. *Journal of Environmental Education*, *41*(1), 55–67. https://doi.org/10.1080/00958960903210031

Mundaeng, C. G., Mege, R. A., & Mokosuli, Y. S. (2023). Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning untuk Meningkatkan Hasil Belajar Biologi Peserta Didik Kelas XII di SMA Negeri 1 Kabaruan. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, *7*(Maxmanroe 2022), 25731–25740.

Napitupulu, N. D., Novianti, I., Iduard, I., Rutmiyanti, R., Ibrahim, I., & Embatau, K. S. (2025). Environmental Literacy in Middle School: Ecological Knowledge, Cognitive Skills, Environmental Affect, and Pro-Environmental Behavior. *Jurnal Eduscience*, *12*(2), 281–296. https://doi.org/10.36987/jes.v12i2.6691

Purwati, N., Muspiroh, N., Riksa Isfiani, I., Tadris Biologi, J., SyekhNurjati, I., By Pass Sunyaragi, J., Cirebon, K., Barat, J., & Perjuangan By Pass Sunyaragi, J. (2023). Penerapan Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) Berbantuan Poster dalam Meningkatkan Kemampuan Literasi Lingkungan. *Jurnal Pendidikan BiologiUndiksha*, *10*(3), 1–13. https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JJPB/index

Putra, A. K., Oktavia, I. A., Vanti, Q., Kristanti, D., Sari, N. Y., Amrullah, M. A., & Nabilah, G. E. (2024). *Pengaruh Project Based Learning Berbasis Lingkungan Terhadap Literasi Lingkungan Peserta Didik*. *24*(3), 194–205. https://journal.um-surabaya.ac.id/didaktis/article/download/24311/8689/64925

Salym, A. Q. N., Sumarmi, S., & ... (2022). Project Based on Environment Learning dan Literasi Lingkungan dalam Kaitannya dengan Creative Thinking Skill. *J-PIPS (Jurnal …*. https://ejournal.uin-malang.ac.id/index.php/jpips/article/view/18054

Santoso, R., Fenny, R., & Joko, S. (2021). Analisis Literasi Lingkungan Siswa SMP. *JPPS (Jurnal Penelitian Pendidikan Sains)*, *10*(02), 1976–1982. https://journal.unesa.ac.id/index.php/jpps/article/view/11001

Saputra, E., Setiawati, V., Genisa, M. U., & Sumah, S. W. (2024). *Pendampingan Pembuatan Protufel (Produk Turunan F2 Eco Enzim Lengkuas) dalam Mendukung Eco-Preneur Siswa*. *2024*, 1–7. https://jurnal.yp2n.org/index.php/jp2n/article/view/152

Saputra, E., Sri Wardhani;, & Marlina Ummas Genisa. (2025). *Analisis Kebutuhan Pengembangan Modul Ajar Protufel (Produk Turunan F2 Eco Enzim Lengkuas) Berbasis PjBL untuk Meningkatkan Literasi Lingkungan dan Kreativitas pada Fase E*. *5*, 2186–2199. https://jurnal.bimaberilmu.com/index.php/jppi/article/view/2983

Sarwati;, Himayatul;, Asri;, Indra, Yuliana;, Titin, Badaruddin;, & Fitri, N. A. (2025). *Pengembangan Modul Ajar Biologi Kelas XI Berbasis Project Based Learning*. *6*(1).

Sriwindari, W., Asih, T., & Noor, R. (2022). *Pengembangan E- Modul Berbasis PjBL (Project-Based Learning) Materi Daur Ulang Limbah*. 12–20.

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional

https://prosiding.ummetro.ac.id/index.php/snpb/article/view/39

Sugiyono. (2013). *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Alfabeta Bandung.

Sugiyono. (2015). Metodologi Penelitian Kualitatif. *Nuevos Sistemas de Comunicación e Información*, *2003*, 2013–2015.

Svobodová, S. (2023). Environmental Literacy of Isced 2 Pupils in Poland. *Journal of Elementary Education*, *16*(1), 59–77. https://doi.org/10.18690/REI.16.1.1665

Thiagarajan. (1974). Instructional development for training teachers of exceptional children: A sourcebook. *Journal of School Psychology*, *14*(1), 75. https://doi.org/10.1016/0022-4405(76)90066-2

Usman, Putri Cahya, S., Wahyuni, I., & Biologi, P. (2023). Kelayakan Modul Ajar Berdiferensiasi Proyek Materi Pencemaran Lingkungan untuk Meningkatkan Keterampilan Kolaborasi Peserta Didik. *Didaktika Biologi : Jurnal Penelitian Pendidikan Biologi*, *7*(2), 99–108. http://jurnal.um-palembang.ac.id/index.php/dikbio

Wahyuni, E., Novarita, A., Rahmawati, R., & Suwarni, S. (2025). *Pengembangan E-Modul pada Pembelajaran Geografi untuk Meningkatkan Literasi Lingkungan Siswa*. *10*(4), 518–531. https://jppg.uho.ac.id/index.php/journal/article/view/494

Wallach, M. A., & Torrance, E. P. (1968). Torrance Tests of Creative Thinking: Norms -- Technical Manual. *American Educational Research Journal*, *5*(2), 272. https://doi.org/10.2307/1161826

Wardhan, A. I., & Kurniawan, S. B. (2023). *Analisis Kesulitan Guru dalam Mengimplementasikan Model Pembelajaran Project Based Learning (PjBL) pada Kurikulum Merdeka Materi Membangun Masyarakat yang Beradab*. 141–148.

Wulandari, I. N., Herman, & Rahmia. (2023). *Penerapan Pembelajaran Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Kemampuan Kognitif, Keterampilan, dan Sikap*. *7*(1), 31–39. http://ojs.unm.ac.id/index.php/ipaterpadu%0APENERAPAN

Yuliandini, S., Suwono, H., & Sueb, S. (2021). Pengaruh project-based learning berbantuan instagram terhadap literasi lingkungan dan hasil belajar kognitif. *Jurnal MIPA* http://journal3.um.ac.id/index.php/mipa/article/view/163

Ciptaan disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional