

E-WORKSHEET EDIBLE STRAW* BERBAHAN ALAM: INOVASI PERANGKAT PJBL BERORIENTASI ESD UNTUK PENGEMBANGAN LITERASI SAINS*Rida Nurul Fadillah^{1*}, Hernani¹, Asep Supriatna¹**¹Pendidikan Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia*Email: ridaurulfadillah@upi.edu**Article History:**

Received: April 30, 2026

Revised: May 13, 2026

Accepted: May 15, 2026

Published: June 30, 2026

DOI: <https://doi.org/10.22373/lj.v14.i1.34799>**ABSTRACT**

The low level of science literacy among Indonesian students, as reflected in the 2022 PISA results with a score of 383, underscores the need for innovative, contextual, and meaningful learning materials. This study aims to develop an e-worksheet based on Project-Based Learning (PjBL) oriented toward Education for Sustainable Development (ESD) on the topic of making edible straws from natural materials as an effort to improve students' science literacy. The method used is Design and Development Research (DDR) with three main stages: planning, production, and evaluation. Validation was conducted by four validators comprising two chemistry education lecturers and two high school chemistry teachers covering aspects of instructional alignment with PjBL syntax, grammar, layout, and content alignment with learning objectives. Validation results showed a score range of 87.50–100%, falling into the good to very good category. A limited feasibility test involved 18 12th-grade high school students divided into three groups. The results of the feasibility test showed that all PjBL syntax was implemented well, with the highest score in the monitoring stage (100%) and the lowest in the schedule preparation stage (69%). Overall, the developed e-worksheet is suitable for use as a learning tool to train students' scientific literacy in a contextual and meaningful way.

Keywords: *ESD, edible straw, project-based learning, scientific literacy***PENDAHULUAN**

Kurikulum Merdeka yang diterapkan di Indonesia menegaskan pentingnya pengembangan kompetensi holistik murid, termasuk kemampuan literasi sains sebagai bagian dari Profil Pelajar Pancasila. Kurikulum Merdeka merupakan kurikulum berbasis kompetensi yang mengimplementasikan pembelajaran berbasis proyek (*project based learning*) untuk mendukung karakter murid sesuai dengan dimensi Profil Pelajar Pancasila. Kurikulum ini mengintegrasikan kemampuan literasi, kecakapan pengetahuan, keterampilan dan sikap, serta penguasaan teknologi, sehingga murid memiliki kebebasan untuk

memaksimalkan kemampuan dalam memahami dan mendalami pengetahuan yang dimiliki (Kemendikbud, 2022).

Dalam konteks pembelajaran sains, kompetensi literasi sains menjadi salah satu sasaran utama yang harus dilatihkan kepada murid agar mereka mampu menghadapi tantangan abad ke-21. Namun, kemampuan literasi sains murid Indonesia hingga saat ini masih tergolong rendah. Hasil PISA 2022 menunjukkan bahwa skor rata-rata literasi sains Indonesia hanya sebesar 383, berada di peringkat ke-67 dari 81 negara, terpaut 102 poin dari rata-rata global sebesar 485 (OECD, 2023). Kemampuan murid Indonesia dalam menjelaskan fenomena ilmiah, mengevaluasi data, serta menerapkan konsep sains untuk memecahkan masalah kontekstual masih tergolong rendah secara konsisten. Kondisi ini mengindikasikan bahwa pembelajaran sains di sekolah belum sepenuhnya berhasil melatih kompetensi literasi sains murid secara menyeluruh (Yusmar, F., & Fadilah, 2023).

Kemampuan literasi sains yang rendah menyebabkan murid kurang responsif dalam mengatasi persoalan dan perubahan yang terjadi di lingkungan sekitar, serta kurang cakap dalam memanfaatkan ilmu pengetahuan untuk kepentingan hidupnya. Kondisi ini menuntut adanya inovasi dalam pembelajaran yang mampu menghubungkan sains dengan konteks nyata di sekitar murid. Beberapa faktor penyebab rendahnya literasi sains antara lain pemilihan bahan ajar yang tidak tepat, munculnya kesalahan konsep, pembelajaran yang tidak kontekstual, serta lingkungan dan suasana belajar yang kurang mendukung (Fuadi dkk., 2020). Dengan memanfaatkan lingkungan sebagai sumber belajar, murid diajak untuk membangun pemahaman konsep secara langsung, menerapkan gagasan dalam situasi nyata, serta menarik kesimpulan atas permasalahan yang mereka temui di sekitar mereka, sekaligus mengurangi kejenuhan dalam proses belajar (Suparya dkk., 2022).

Lembar kerja merupakan salah satu wujud sumber belajar yang dapat mengajak murid membangun pemahaman konsep secara langsung melalui serangkaian aktivitas yang terstruktur dan terarah (Prastowo, 2014). Namun, ketidakterhubungan materi kimia dengan konteks kehidupan nyata masih menjadi hambatan utama bagi murid dalam membangun pemahaman yang bermakna (Yusmar & Fadilah, 2023), sehingga diperlukan lembar kerja yang mampu menghadirkan pengalaman belajar yang kontekstual dan relevan. Menurut (Armanda & Putra, 2023), lembar kerja elektronik merupakan suatu alternatif yang lebih adaptif dibandingkan lembar kerja cetak. Dari segi media dan penggunaan, lembar kerja cetak membutuhkan kertas sebagai bentuk fisik, sementara lembar kerja elektronik memanfaatkan perangkat elektronik yang lebih fleksibel. Dari aspek biaya, pembuatan

lembar kerja elektronik juga lebih terjangkau, serta lebih tahan lama dan tidak terbatas oleh waktu dibandingkan lembar kerja cetak (Suryaningsih & Nurlita, 2021).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan literasi sains adalah melalui penerapan pembelajaran yang bersifat kontekstual dan bermakna. Kerangka PISA 2025 menekankan bahwa konteks pembelajaran sains dipilih berdasarkan relevansinya dengan isu-isu kehidupan nyata yang dekat dengan murid, baik pada skala personal, lokal, nasional, maupun global (OECD, 2023). Pembelajaran yang mempertemukan murid dengan permasalahan nyata di lingkungan sekitar dipandang lebih efektif dalam membangun kompetensi literasi sains yang bermakna dibandingkan pembelajaran yang bersifat teoritis semata (Sari dkk., 2022). Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa model *Project Based Learning* (PjBL) efektif dalam melatih literasi sains murid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model PjBL memberikan pengaruh yang signifikan terhadap literasi sains murid kelas XI SMA (Masithah dkk., 2022). Sejalan dengan itu, pembelajaran berbasis PjBL juga terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan literasi sains sekaligus berpikir kreatif murid pada materi kimia di jenjang SMA (Zahirah & Sulistina, 2023). PjBL memungkinkan murid belajar secara aktif melalui eksplorasi, investigasi, dan produksi karya nyata yang relevan dengan kehidupan mereka, sehingga seluruh aspek literasi sains dapat terlatih secara terintegrasi (Indarta dkk., 2022).

Selain PjBL, orientasi *Education for Sustainable Development* (ESD) turut memperkuat nilai pembelajaran. Implementasi ESD dalam pembelajaran sains terbukti mampu memberdayakan keterampilan berpikir kritis dan literasi sains murid secara bersamaan, karena mendorong murid memahami keterkaitan antara pengetahuan sains dan isu keberlanjutan lingkungan (Sari, 2024). ESD menjadi salah satu pilar penting dalam pendidikan berkualitas karena mampu mengembangkan *murid* secara utuh, mencakup aspek afektif, kognitif, dan psikomotorik. Ketika pembelajaran diorientasikan pada ESD, perubahan terjadi secara menyeluruh mulai dari materi yang dipelajari, hasil yang diharapkan, cara belajar yang digunakan, hingga suasana pembelajaran yang tercipta. Lebih dari itu, ESD menempatkan kepedulian dan aksi nyata *murid* sebagai inti pembelajaran demi terwujudnya keberlangsungan hidup dan kesejahteraan umat manusia (UNESCO, 2020). Dalam konteks pendidikan kimia, ESD dipandang sebagai kerangka yang mengintegrasikan nilai keberlanjutan ke dalam pembelajaran, sehingga murid tidak hanya memahami konsep kimia, tetapi juga mampu mengaplikasikannya dalam penyelesaian masalah lingkungan secara nyata (Febrizal dkk., 2023).

Salah satu konteks permasalahan lingkungan yang paling dekat dengan kehidupan murid adalah permasalahan sampah plastik, khususnya sedotan plastik sekali pakai. Sebanyak 93 juta batang sedotan plastik digunakan setiap harinya di seluruh Indonesia dan berkontribusi pada pencemaran lingkungan terutama di perairan (KLHK, 2018). Sedotan plastik diperkirakan memerlukan waktu sekitar 200 tahun untuk terurai sepenuhnya di lingkungan, dan karena nilainya yang rendah tidak ada pelaku daur ulang yang bersedia mengelolanya (Nuraviani & Destiana, 2023). Data BRIN mengungkapkan bahwa mikroplastik yang berasal dari plastik sekali pakai termasuk sedotan telah terdeteksi pada semua sampel air, sedimen, serta berbagai spesies ikan dan kerang yang dikonsumsi masyarakat (Cordova, 2024).

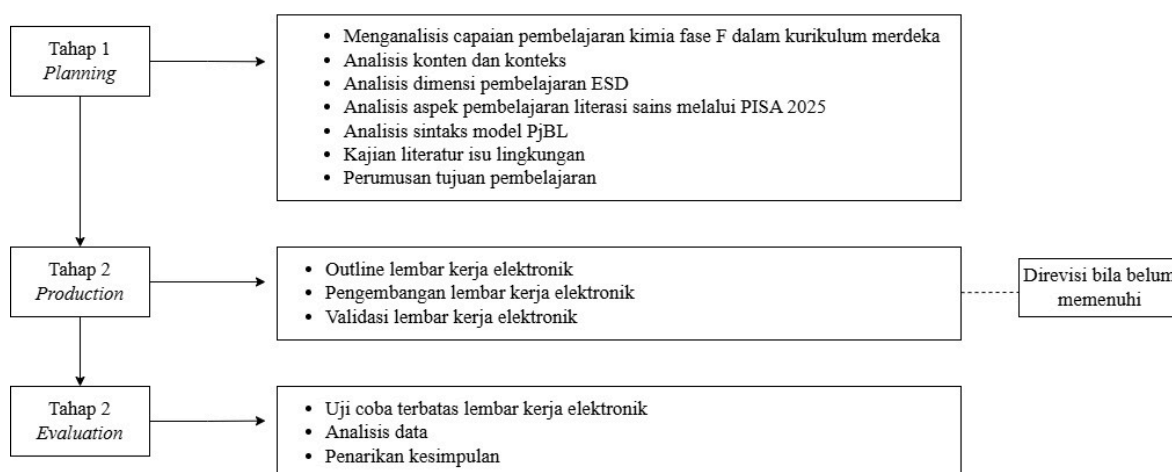
Inovasi *edible straw* berbahan alam muncul sebagai salah satu solusi konkret untuk menekan dampak pencemaran akibat sedotan plastik sekali pakai yang sulit terurai. *Edible drinking straw* merupakan inovasi sedotan ramah lingkungan yang masih jarang digunakan di Indonesia, memberikan solusi yang lebih baik karena dapat terurai lebih cepat dibandingkan plastik konvensional, sekaligus mendukung ekonomi lokal melalui pemanfaatan sumber daya alam (Nuraviani & Destiana, 2023). Pati dari bahan alam seperti ubi jalar terbukti dapat digunakan sebagai bahan utama pembuatan *edible straw*, sehingga berpotensi besar dikembangkan di Indonesia yang kaya akan sumber daya alam hayati (Rohmah dkk., 2020).

Topik *edible straw* dari bahan alam ini memiliki relevansi yang kuat untuk diintegrasikan ke dalam pembelajaran kimia berbasis proyek. Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan *e-worksheet* berbasis PjBL pada berbagai topik kimia, antara lain pengembangan *e-worksheet* berbasis *guided inquiry live worksheet* untuk meningkatkan literasi sains pada materi laju reaksi (Cholifah & Novita, 2022), mengembangkan *e-worksheet* berbasis PjBL pada topik yang relevan, di antaranya pengembangan *e-worksheet* PjBL pada topik *edible straw* untuk melatih keterampilan proses sains (Khalda dkk., 2025), serta kajian mengenai keefektifan *e-worksheet* PjBL pada materi metabolisme karbohidrat dalam melatih literasi sains murid (Manasikana & Rahayu, 2025). Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian tersebut, belum ditemukan adanya pengembangan *e-worksheet* berbasis PjBL yang secara khusus berorientasi ESD pada topik pembuatan *edible straw* dari bahan alam untuk melatih literasi sains, sehingga penelitian ini penting untuk dilakukan guna mengisi kesenjangan tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan *e-worksheet* berbasis PjBL berorientasi ESD pada topik pembuatan *edible*

straw dari bahan alam sebagai inovasi perangkat pembelajaran untuk melatih literasi sains murid.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode Design and Development Research (DDR) berdasarkan kerangka kerja. Sebagai jenis penelitian pengembangan, studi ini berfokus pada penciptaan produk berupa *e-worksheet*. Richey & Klein (2014) mendefinisikan DDR sebagai studi sistematis terhadap proses desain, pengembangan, dan evaluasi yang berfungsi membangun basis empiris dalam pembentukan model maupun perangkat pembelajaran. Secara operasional, penelitian ini mencakup tiga tahap utama: perencanaan (*planning*), produksi (*production*), dan evaluasi (*evaluation*).



Gambar 1. Proses Pengembangan *E-Worksheet* PjBL berorientasi ESD

Partisipasi dalam penelitian ini terbagi ke dalam tiga tahap utama. Pertama, tiga guru kimia SMA di Bandung berpartisipasi dalam analisis kebutuhan. Kedua, pada tahap produksi, validasi dilakukan oleh dua dosen Pendidikan Kimia UPI dan dua guru kimia. Tahap akhir melibatkan 18 murid kelas XII SMA di Kabupaten Bandung sebagai subjek uji coba terbatas. Pemilihan subjek dilakukan berdasarkan kemudahan akses dan keterjangkauan peneliti terhadap partisipan.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Design and Development Research* (DDR) yang terdiri atas tiga tahapan, yaitu *planning*, *production*, dan *evaluation*. Pada tahap *planning*, dilakukan serangkaian analisis sebagai dasar pengembangan produk, meliputi analisis capaian pembelajaran kimia fase F dalam Kurikulum Merdeka, analisis konten dan konteks, analisis dimensi ESD, analisis aspek literasi sains melalui kerangka PISA 2025,

analisis sintaks PjBL, kajian literatur isu lingkungan, serta perumusan tujuan pembelajaran. Tahap ini melibatkan tiga guru kimia SMA di Kabupaten Bandung sebagai partisipan analisis kebutuhan. Pada tahap *production*, dikembangkan *e-worksheet* berbasis PjBL berorientasi ESD yang mencakup penyusunan outline, pengembangan, hingga validasi oleh dua dosen ahli dan dua guru kimia. Produk yang belum memenuhi kriteria kelayakan direvisi hingga dinyatakan valid. Tahap *evaluation* dilakukan melalui uji coba terbatas kepada 18 murid kelas XII SMA di Kabupaten Bandung. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mendeskripsikan keterlaksanaan setiap tahapan PjBL dalam melatih literasi sains murid.

Data dalam penelitian ini dianalisis menggunakan analisis deskriptif. Pada tahap *planning*, data hasil analisis kebutuhan dikumpulkan melalui angket *Google Form* yang diberikan kepada guru, kemudian dianalisis secara deskriptif kualitatif untuk mengidentifikasi kebutuhan konten dan konteks pengembangan *e-worksheet*. Pada tahap *production*, data hasil validasi ahli dianalisis menggunakan skala Guttman dengan menghitung persentase skor tiap aspek penilaian, kemudian diinterpretasikan berdasarkan kategori kelayakan. Pada tahap *evaluation*, keterlaksanaan setiap tahapan sintaks PjBL diukur melalui *e-worksheet* yang telah dinyatakan layak, dengan data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan capaian literasi sains murid berdasarkan dimensi pengetahuan dan kompetensi sains.

Data yang dikumpulkan melalui instrumen dari guru kimia dan dosen ahli dianalisis dengan menghitung hasil pengisian angket menggunakan persamaan di bawah ini. Pengolahan skor dapat melewati tahapan berikut: (1) penetapan skor maksimal; (2) skor tertinggi sama dengan bobot nilai dikali jumlah murid; dan (3) penetapan persentase skor. Setelah persentase skor diperoleh, data skor tersebut kemudian dikategorikan sesuai panduan dalam Tabel 1 (Azizah, 2020).

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jumlah skor yang diperoleh}}{\text{Jumlah skor maksimum}} \times 100\%$$

Tabel 1. Kategori Skor Hasil Validasi

Rentang Persentase (%)	Kategori	Keterangan
0 – 20	Sangat Kurang	Direvisi
21 – 40	Kurang Baik	Direvisi
41 – 60	Cukup	Direvisi
61 – 80	Baik	Tidak Perlu Direvisi
81 – 100	Sangat Baik	Tidak Perlu Direvisi

Data yang skor murid terhadap hasil keterlaksanaan *e-worksheet* yang sudah layak dikumpulkan melalui uji coba terbatas dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\%Skor = \frac{Jumlah\ skor\ yang\ diperoleh}{Skor\ maksimal} \times 100\%$$

Pemberian skor diberikan terhadap setiap butir pertanyaan dengan menggunakan rubrik penilaian jawaban murid. Pengolahan skor dilakukan dengan menggunakan tahapan-tahapan berikut: (1) menentukan skor maksimal; (2) menghitung jumlah seluruh skor murid pada setiap tugas yang terdapat dalam *e-worksheet*; dan (3) menghitung persentase total skor dari setiap aspek. Penentuan kategori skor dapat dilakukan berdasarkan panduan dalam Tabel 2 (Abidin, 2016).

Tabel 2. Kategori Skor Penilaian *E-worksheet*

Rentang Persentase (%)	Kategori
80 – 100	Baik Sekali
70 – 79	Baik
60 – 69	Cukup
< 60	Kurang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Merencanakan (*Planning*)

Pengembangan *e-worksheet* dalam bentuk elektronik dipilih karena lebih adaptif, terjangkau, dan tahan lama dibandingkan lembar kerja cetak (Armanda & Putra, 2023) sejalan dengan (Suryaningsih & Nurlita, 2021). *E-worksheet* yang dikembangkan ini mengacu pada Capaian Pembelajaran (CP) Kurikulum Merdeka melalui integrasi dimensi ESD dan literasi sains. Instrumen ini mencakup elemen pemahaman kimia dan keterampilan proses yang difokuskan pada materi makromolekul, khususnya subtopik polimer alami berupa pati yang tersusun atas monomer glukosa dalam struktur amilosa dan amilopektin. Melalui proyek pembuatan *edible straw*, murid diarahkan untuk memahami reaksi kimia dan karakteristik polimer secara kontekstual dengan mengangkat isu lingkungan terkait tumpukan sampah plastik dari polimer sintesis.

Perumusan tujuan pembelajaran dalam penelitian ini dilakukan dengan menyandingkan capaian pembelajaran kurikulum merdeka dengan dimensi ESD, serta aspek literasi sains. *E-worksheet* yang dikembangkan menempatkan ESD sebagai orientasi utama yang mencakup pilar lingkungan, sosial, dan ekonomi, di mana ketiga dimensi tersebut diintegrasikan secara langsung ke dalam rangkaian aktivitas siswa. Pendekatan ini selaras

dengan model PjBL, sehingga produk yang dihasilkan murid diharapkan tidak hanya memperdalam pemahaman konsep, tetapi juga memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kualitas hidup (Khoiri dkk., 2023). Selain ESD, tujuan pembelajaran juga mencakup penguatan literasi sains yang meliputi aspek pengetahuan, kompetensi, dan identitas sains, dengan rincian keterkaitan pengetahuan dan kompetensi sains (OECD, 2023).

Pengembangan *e-worksheet* berbasis PjBL-ESD dilakukan melalui tahapan sistematis yang menyandingkan capaian pembelajaran, keterampilan proses, dan sintaks model pembelajaran untuk menciptakan pengalaman belajar yang kontekstual serta bermakna (Gusmiarni & Jufri, 2024). Proses ini dimulai dari tahap penentuan pertanyaan mendasar yang melatih kemampuan mengamati fenomena dan menganalisis informasi untuk merumuskan masalah ilmiah. Selanjutnya, pada tahap penyusunan perencanaan proyek, murid secara mandiri merancang strategi penyelidikan dan pemilihan instrumen penelitian yang valid (Cole, 2024) yang diikuti dengan tahapan penyusunan jadwal untuk melatih koordinasi tim serta pengelolaan waktu secara logis. Selama tahapan monitoring, elemen evaluasi dan refleksi diterapkan agar murid tetap kritis terhadap kualitas data dan langkah kerja yang diambil (Cole, 2024). Pada fase pengujian hasil, murid melakukan validasi produk melalui metode penyelidikan dan analisis data yang objektif berdasarkan temuan empiris. Rangkaian aktivitas ini ditutup dengan tahap evaluasi pengalaman, di mana murid mengomunikasikan hasil penyelidikan melalui argumen ilmiah yang kuat dan sistematis, baik secara lisan maupun tertulis, sehingga seluruh solusi yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan secara logis dan ilmiah.

Analisis kebutuhan yang melibatkan guru kimia di wilayah Kota Bandung, Kabupaten Bandung, dan Kabupaten Bandung Barat menunjukkan adanya urgensi yang tinggi terhadap pengintegrasian literasi sains dan nilai-nilai ESD dalam pembelajaran kimia. Responden sepakat bahwa literasi sains bukan sekadar penguasaan konsep, melainkan dasar bagi murid untuk mengambil keputusan logis dan solutif terhadap permasalahan lingkungan. Integrasi ESD dipandang esensial dalam pendekatan *deep learning* untuk membentuk karakter murid yang bijak dan bertanggung jawab melalui tiga pilar keberlanjutan (ekonomi, sosial, dan lingkungan) hal ini sejalan dengan (UNESCO, 2020). Dengan demikian, pembelajaran kimia diharapkan bertransformasi dari sekadar hafalan menjadi proses berpikir kritis dan tingkat tinggi (HOTS) yang relevan dengan tantangan zaman.

Secara khusus, para guru menilai bahwa proyek pembuatan *edible straw* berbahan pati sangat relevan dengan topik makromolekul, terutama polisakarida. Konteks ini dinilai

sangat strategis untuk menjembatani teori kimia dengan isu nyata seperti polusi plastik dan inovasi biopolimer. Seluruh responden menyatakan pentingnya pengembangan *e-worksheet* berbasis PjBL-ESD pada topik ini karena mampu melatih keterampilan abad ke-21 sekaligus menumbuhkan kesadaran *zero waste*. Dengan mengaitkan struktur kimia polisakarida pada solusi ramah lingkungan, *e-worksheet* ini diharapkan dapat mempersiapkan murid menjadi agen perubahan yang memiliki kemampuan literasi sains kuat dan kepedulian tinggi terhadap keberlanjutan lingkungan.

Penelitian ini diawali dengan studi literatur terhadap isu sampah plastik sekali pakai, khususnya sedotan, yang menjadi kontributor limbah polimer sintesis terbesar di Indonesia dengan penggunaan mencapai 93 juta batang per hari sehingga berdampak buruk pada ekosistem serta kesehatan manusia (KLHK, 2018). Sebagai respons terhadap tantangan global tersebut, topik *edible straw* diintegrasikan sebagai solusi kontekstual yang mencakup pilar lingkungan, sosial, dan ekonomi dalam kerangka ESD. Pendekatan ini selaras dengan Peraturan Mendikdasmen Nomor 13 Tahun 2025 yang menekankan *deep learning* guna membekali murid dengan kompetensi dan karakter yang mampu menjawab permasalahan nyata secara ilmiah. Dengan demikian, pemanfaatan polimer alami sebagai alternatif sedotan plastik tidak hanya menjadi objek studi kimia yang relevan, tetapi juga menjadi sarana untuk meningkatkan kesadaran murid terhadap kelestarian lingkungan hidup dan mitigasi dampak negatif limbah padat yang sulit terurai (Febrizal dkk., 2023).

Sesuai dengan prinsip bahwa pengembangan *e-worksheet* harus berbasis pada kebutuhan dan tujuan pembelajaran, instrumen ini disusun dengan menjadikan tujuan belajar sebagai landasan fundamental. Perumusannya (contoh dalam Tabel 3) melibatkan analisis mendalam terhadap Capaian Pembelajaran kimia pada Kurikulum Merdeka yang disesuaikan dengan topik *edible straw*. Selain itu, tujuan tersebut disinergikan dengan hasil optimasi praktikum serta standar literasi sains PISA 2025 dan orientasi dimensi ESD guna memastikan kualitas pembelajaran yang holistik.

Tabel 3. Contoh Perumusan Tujuan Pembelajaran Aspek Pengetahuan dan Keterampilan

Capaian Pembelajaran		Aspek Literasi Sains		Dimensi ESD
Pemahaman Kimia	Keterampilan Proses	Aspek Pengetahuan	Aspek Kompetensi	
Menjelaskan senyawa karbon dan makromolekul	Mengamati murid mengamati fenomena ilmiah	(a) Pengetahuan konten; dan (b) Interaksi manusia dan dampak serta	(a) Menjelaskan fenomena secara ilmiah; dan	(a) Lingkungan (b) Sosial

pengaruhnya terhadap lingkungan, spesies lain, dan keberlanjutan	(b) Mengenali dan mengembangkan hipotesis yang jelas tentang fenomena di dunia
Tujuan Pembelajaran	
Berdasarkan pengamatan terhadap video pembelajaran dan analisis terhadap teks yang diberikan Murid dapat mengamati untuk menjelaskan secara ilmiah dari fenomena terjadinya pencemaran limbah plastik pada lingkungan dan dampaknya terhadap kesehatan	

Memproduksi (*Production*)

Penyusunan *e-worksheet* ini berlandaskan pada sasaran belajar yang telah diselaraskan dengan CP kimia Kurikulum Merdeka serta mengintegrasikan dimensi ESD dan indikator literasi sains. Selaras dengan tuntutan Kurikulum Merdeka, capaian pembelajaran kimia mengarahkan murid untuk merespon isu-isu global dan berperan aktif memberikan penyelesaian masalah terkait pemanfaatan limbah dan bahan alam yang diarahkan pada pencapaian SDGs (Kemendikbud, 2022). Struktur *e-worksheet* diawali dengan teks bacaan sebagai stimulus kontekstual yang mencakup urgensi sampah plastik, ancaman mikroplastik, hingga tawaran solusi berkelanjutan, karena rendahnya literasi sains siswa Indonesia antara lain disebabkan oleh pembelajaran yang kurang kontekstual dan belum mengarahkan murid pada keterampilan berpikir tingkat tinggi (Yusmar & Fadilah, 2023). Melalui stimulus tersebut, murid dibimbing melewati keenam sintaks PjBL secara berurutan, yakni penentuan pertanyaan mendasar, penyusunan perencanaan proyek, penyusunan jadwal, pemantauan kemajuan proyek, penilaian hasil, dan evaluasi pengalaman. Proses validasi yang dilakukan tidak hanya meninjau kesesuaian *e-worksheet* dengan sintaks PjBL, tetapi juga mencakup kesesuaiannya dengan indikator literasi sains meliputi kompetensi sains berupa menjelaskan fenomena ilmiah, merancang penyelidikan, dan menginterpretasi data, serta aspek pengetahuan ilmiah yang mencakup aspek konten, prosedural, dan epistemik maupun dimensi ESD yang meliputi kesadaran lingkungan, sosial, dan ekonomi.

Hasil validasi menunjukkan bahwa *e-worksheet* berada pada rentang persentase 93,75-100%, sehingga dinyatakan valid dan layak digunakan, dengan setiap aktivitas di dalamnya dipastikan berkontribusi pada pengembangan kompetensi sains dan kesadaran

Fadillah dkk.: *E-Worksheet Edible Straw* Berbahan Alam

keberlanjutan murid. Fase evaluasi di penghujung pembelajaran berfungsi sebagai sarana refleksi kritis bagi murid untuk menginternalisasi relevansi proyek terhadap tantangan dunia nyata, memperkuat nilai kepedulian lingkungan, sosial, dan ekonomi, sejalan dengan pendekatan ESD yang diterapkan dalam desain pembelajaran sains untuk mendorong literasi sains murid sekolah menengah (Dieni dkk., 2022).



Gambar 2. Tampilan Media yang dikembangkan; (a) Halaman Depan; (b) Halaman Isi

Kelayakan instrumen *e-worksheet* diuji melalui proses validasi oleh empat ahli yang terdiri atas dua dosen ahli dan dua guru kimia SMA (Tabel 4). Evaluasi ini mencakup aspek substansi isi, kebahasaan, estetika tata letak, hingga sinkronisasi instruksi dengan model PjBL dan tujuan pembelajaran.

Tabel 4. Hasil Validasi Kesesuaian Instruksi dan Tujuan Pembelajaran dengan Model PjBL

Komponen Kelayakan	Validator ke-	Respon (%)	Keterangan
Kesesuaian tujuan pembelajaran dengan sintaks model PjBL	1	96,87	Layak
	2	93,75	Layak
	3	100,00	Layak
	4	100,00	Layak
Kesesuaian instruksi pada <i>e-worksheet</i> dengan sintaks model PjBL	1	100,00	Layak
	2	100,00	Layak
	3	100,00	Layak
	4	100,00	Layak
Kesesuaian instruksi pada <i>e-worksheet</i> dengan tujuan pembelajaran	1	93,75	Layak
	2	96,87	Layak
	3	100,00	Layak

E-worksheet yang dikembangkan mengintegrasikan model PjBL secara sistematis melalui enam tahapan, mulai dari penentuan pertanyaan mendasar hingga evaluasi pengalaman (Cole, 2024), sehingga murid dapat terlibat aktif dalam membangun pemahaman secara mandiri (Muhammad & Ambarwati, 2021). Validasi oleh empat validator menunjukkan hasil yang sangat baik, di mana kesesuaian instruksi dengan tahapan PjBL memperoleh skor 100% dari seluruh validator, kesesuaian instruksi dengan tujuan pembelajaran berada pada rentang 93,75-100%, serta kesesuaian isi dengan tujuan pembelajaran yang telah diselaraskan dengan capaian pembelajaran kimia Kurikulum Merdeka, dimensi ESD, dan literasi sains memperoleh rentang skor 87,50-100% dengan kategori baik (Abidin, 2016). Meskipun demikian, para validator memberikan rekomendasi perbaikan terkait kejelasan instruksi, kedalaman materi, dan keterkaitan antarbagian agar *e-worksheet* lebih mudah dipahami dan operasional bagi murid.

Tabel 5. Hasil Validasi Tata Bahasa dan Kejelasan Kalimat

Komponen Kelayakan	Validator ke-	Respon (%)	Keterangan
Bahasa yang digunakan baku	1	100,00	Layak
	2	100,00	Layak
	3	100,00	Layak
	4	100,00	Layak
Istilah yang digunakan konsisten	1	100,00	Layak
	2	100,00	Layak
	3	100,00	Layak
	4	100,00	Layak
Kalimat yang digunakan mudah dipahami	1	100,00	Layak
	2	100,00	Layak
	3	100,00	Layak
	4	100,00	Layak
Kalimat yang digunakan tidak bermakna ganda	1	100,00	Layak
	2	100,00	Layak
	3	100,00	Layak
	4	100,00	Layak

Aspek konstruksi dalam pengembangan *e-worksheet* menekankan pentingnya ketepatan bahasa dan kejelasan penyampaian agar murid dapat memahami isi *e-worksheet* dengan baik (Tabel 5). Kualitas bahasa dalam *e-worksheet* mencakup kalimat yang tidak ambigu, serta penggunaan bahasa yang baku, interaktif, dan menarik. Merujuk pada kriteria

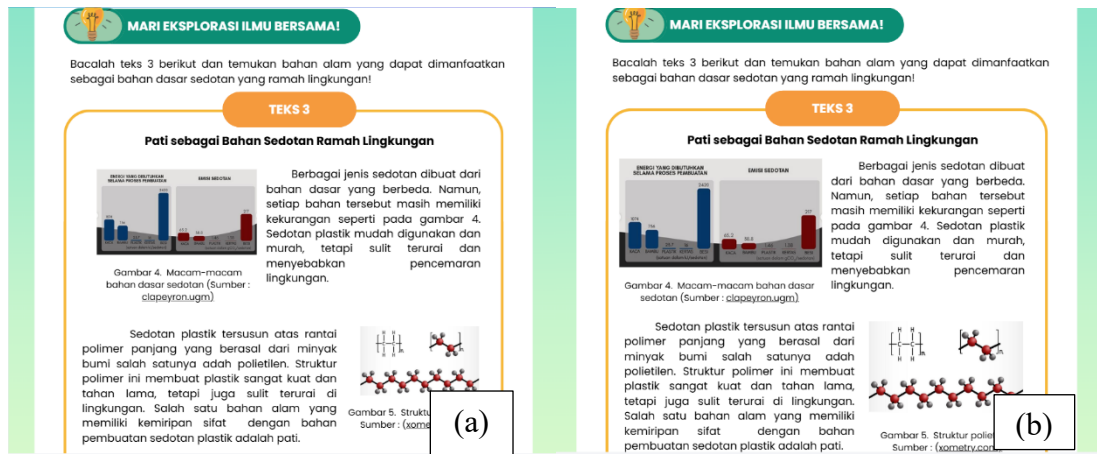
tersebut, penilaian validator terhadap aspek kebahasaan dan kejelasan kalimat pada *e-worksheet* yang dikembangkan menghasilkan skor sempurna sebesar 100% dari keempat validator (Tabel 5), sehingga *e-worksheet* dinilai telah memenuhi standar kebahasaan dengan kategori sangat baik.

Tabel 6. Hasil Validasi Tata Letak dan Tampilan

Komponen Kelayakan	Validator ke-	Respon (%)	Keterangan
Tulisan (Jenis huruf, ukuran huruf dan lebar spasi)	1	100,00	Layak
	2	80,00	Layak
	3	100,00	Layak
	4	100,00	Layak
Penampilan (menarik, kerapihan dan konsistensi format)	1	100,00	Layak
	2	80,00	Layak
	3	100,00	Layak
	4	100,00	Layak
Gambar (kejelasan dan relevansi)	1	100,00	Layak
	2	80,00	Layak
	3	100,00	Layak
	4	100,00	Layak
Video (menarik dan relevansi)	1	100,00	Layak
	2	80,00	Layak
	3	100,00	Layak
	4	100,00	Layak

Kualitas tampilan *e-worksheet* turut menjadi perhatian penting dalam proses pengembangannya, mencakup keterbacaan tulisan, kejelasan gambar, kerapian tata letak, serta daya tarik desain secara keseluruhan (Prastowo, 2014). Tampilan yang tertata dengan baik diyakini mampu meningkatkan minat dan kemudahan murid dalam mengikuti setiap aktivitas pembelajaran, sehingga proses belajar dapat berjalan lebih efektif dan efisien. Hasil penilaian validator terhadap aspek ini menunjukkan skor 100% dari validator 1, 3, dan 4, serta 90% dari validator 2, dengan rentang keseluruhan 90-100% yang mencerminkan kategori sangat baik (Tabel 6). Meskipun demikian, validator menyampaikan catatan perbaikan terutama menyangkut kejelasan dan proporsionalitas gambar yang digunakan dalam *e-worksheet*. Berdasarkan masukan tersebut, perbaikan dilakukan dengan memperbesar ukuran gambar (Gambar 3) agar tampilan lebih jelas dan proporsional, sehingga murid dapat memahami setiap ilustrasi dalam *e-worksheet* dengan lebih mudah.

Fadillah dkk.: *E-Worksheet Edible Straw* Berbahan Alam



Gambar 3. Tampilan Media yang divalidasi: (a) Sebelum Perbaikan; (b) Setelah Perbaikan

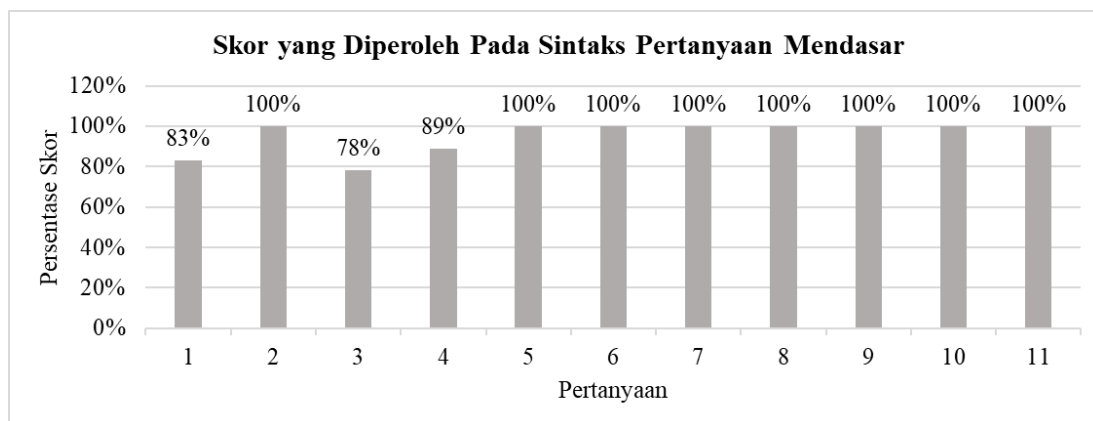
Tabel 7. Hasil Validasi Kesesuaian Isi dengan Tujuan Pembelajaran

Komponen Kelayakan	Validator	Respon	Keterangan
	ke-	(%)	
Ketepatan teks/isi <i>e-worksheet</i>	1	87,50	Layak
	2	96,87	Layak
	3	100,00	Layak
	4	100,00	Layak

Kesesuaian konsep dengan kurikulum merupakan indikator kunci dalam merancang *e-worksheet* (Tabel 7) Validasi terhadap kesesuaian isi dengan tujuan pembelajaran yang telah diselaraskan dengan capaian pembelajaran kimia Kurikulum Merdeka, dimensi ESD, dan literasi sains menghasilkan rentang skor 87,50-100% dari keempat validator, sehingga termasuk dalam kategori baik. Materi dinilai relevan, kontekstual, dan mendukung murid dalam mengonstruksi pemahaman konsep sesuai capaian yang ditargetkan. Meski demikian, validator memberikan masukan terkait kedalaman materi, ketajaman penyajian, dan koherensi antarbagian sebagai bahan revisi.

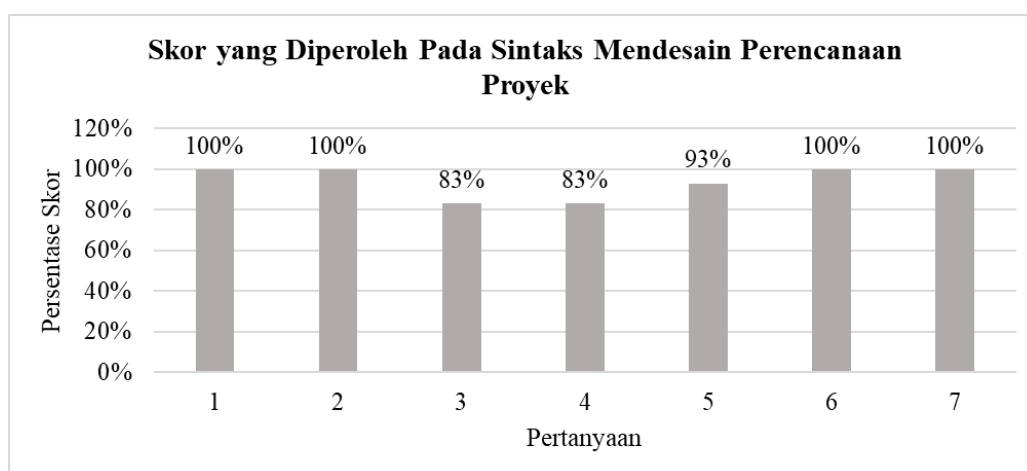
Mengevaluasi (*Evaluation*)

Uji keterlaksanaan dilakukan untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai kejelasan instruksi, kelengkapan konten, kesesuaian sintaks pembelajaran, dan partisipasi aktif murid dalam kegiatan berbasis *e-worksheet*. Pengujian dilaksanakan secara terbatas melibatkan 18 murid kelas XII SMA yang dibagi menjadi tiga kelompok beranggotakan enam orang, guna mempermudah observasi dan memastikan setiap murid dapat terlibat secara optimal. Pembagian ini juga memungkinkan evaluasi yang lebih mendalam terhadap diskusi kelompok, pemahaman instruksi, serta kemampuan murid dalam melatih literasi sains melalui aktivitas *e-worksheet* berorientasi ESD.



Gambar 4. Grafik Perolehan Skor Murid pada Sintaks Menentukan Pertanyaan Mendasar

Berdasarkan Gambar 4, skor yang diperoleh murid pada sintaks pertanyaan mendasar menunjukkan hasil yang sangat baik, dengan sebagian besar pertanyaan memperoleh skor 100%, kecuali pertanyaan 1 (83%), pertanyaan 3 (78%), pertanyaan 4 (89%). Capaian ini mengindikasikan bahwa murid mampu merespons pertanyaan mendasar dengan baik sebagai langkah awal dalam mendorong rasa ingin tahu dan pemikiran kritis (Cole, 2024). Meskipun terdapat beberapa pertanyaan dengan skor di bawah 100%, rentang skor keseluruhan yang berkisar antara 78-100% tetap mencerminkan keterlibatan aktif murid dalam tahap awal pembelajaran berbasis proyek (Muhammad & Ambarwati, 2021).

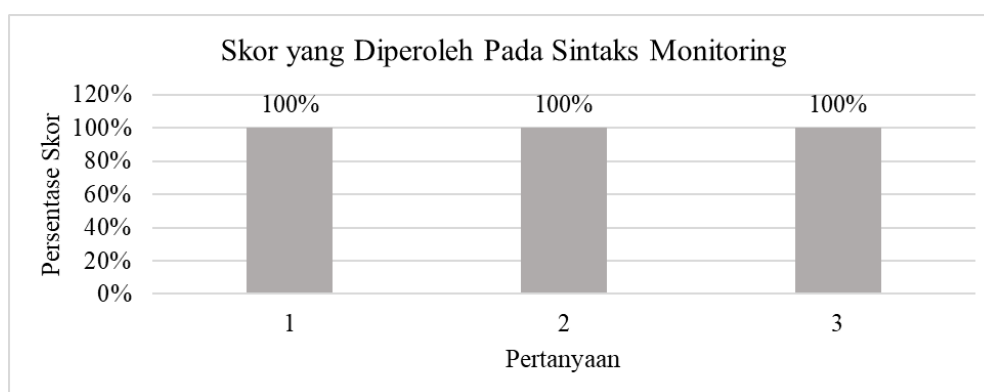


Gambar 5. Grafik Perolehan Skor Murid Pada Sintaks Mendesain Perencanaan Proyek

Berdasarkan Gambar 5, skor murid pada sintaks mendesain perencanaan proyek menunjukkan hasil yang baik dengan rentang 83-100%, di mana pertanyaan 1, 2, 6, dan 7 memperoleh skor 100%, pertanyaan 5 sebesar 93%, serta pertanyaan 3 dan 4 masing-masing 83%. Capaian ini mencerminkan bahwa murid telah mampu merancang perencanaan proyek secara sistematis dan terlibat aktif dalam tahapan PjBL. Temuan ini mendukung hasil Lantanida Journal, 14(1): 59-79

penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa tahap perencanaan dalam PjBL efektif dalam mendorong keterlibatan dan kemampuan berpikir terstruktur murid (Suradika dkk., 2023).

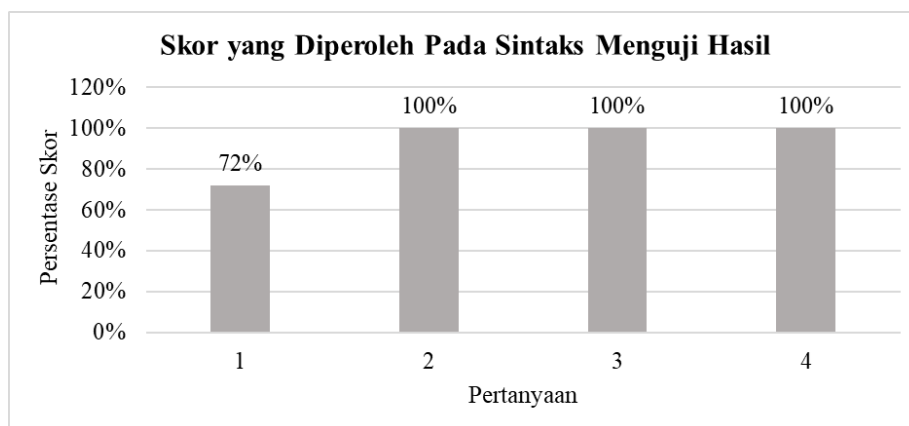
Pada sintaks penyusunan jadwal, murid memperoleh skor sebesar 69% dengan kategori baik. Capaian ini berkaitan dengan karakteristik tahapan PjBL, di mana murid dituntut tidak hanya menentukan urutan kegiatan, tetapi juga mampu merencanakan dan mengorganisasikan langkah-langkah proyek secara terstruktur dan terukur. Hal ini sejalan dengan temuan (Kokotsaki dkk., 2016) yang menyatakan bahwa dalam pembelajaran berbasis proyek, kemampuan murid dalam menyusun rencana kerja secara sistematis merupakan salah satu indikator kesiapan belajar mandiri yang berkembang selama proses proyek berlangsung. Selain itu, aktivitas pada tahap ini turut melatih kemampuan literasi sains murid, khususnya pada aspek pengetahuan prosedural dalam merepresentasikan data melalui tabel, grafik, dan bagan secara tepat (Khalifah dkk., 2021).



Gambar 6. Grafik Perolehan Skor Murid Pada Sintaks Monitoring

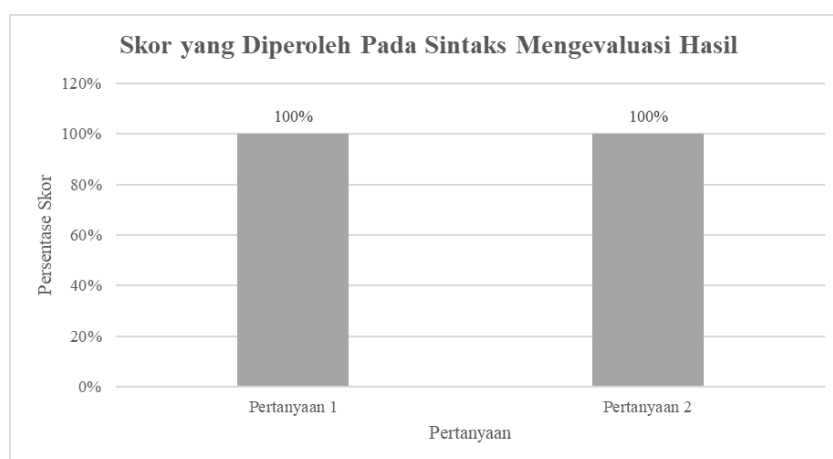
Berdasarkan Gambar 6 skor yang diperoleh murid pada sintaks monitoring menunjukkan hasil yang sempurna, di mana seluruh pertanyaan 1, 2, dan 3 memperoleh skor 100%. Capaian ini mencerminkan bahwa murid mampu memantau dan mendokumentasikan perkembangan proyek secara menyeluruh. emuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa tahap monitoring dalam PjBL efektif dalam meningkatkan kemampuan murid untuk mengevaluasi proses dan kemajuan belajar mereka secara mandiri (Sabbihisma dkk., 2025), di mana implementasi PjBL terbukti memberdayakan self-regulated learning murid, termasuk kemampuan mereka dalam memantau kemajuan dan menyesuaikan strategi belajar secara mandiri (Nurhamidah & Nurachadijat, 2023) yang

menegaskan bahwa PjBL secara konsisten berkontribusi dalam meningkatkan kemandirian belajar murid.



Gambar 7. Grafik Perolehan Skor Murid Pada Sintaks Menguji Hasil

Berdasarkan grafik di atas, skor yang diperoleh murid pada sintaks menguji hasil menunjukkan hasil yang baik, di mana pertanyaan 2, 3, dan 4 memperoleh skor 100%, sedangkan pertanyaan 1 memperoleh skor 72%. Rentang skor keseluruhan berkisar antara 72-100%, yang mencerminkan bahwa murid mampu menguji dan mengevaluasi hasil proyek dengan baik. Temuan ini mendukung penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa tahap menguji hasil dalam PjBL efektif dalam melatih kemampuan murid untuk menganalisis dan mempresentasikan temuan proyek secara sistematis (Wati & Wulandari, 2024).



Gambar 8. Grafik Perolehan Skor Murid Pada Sintaks Mengevaluasi Hasil

Merujuk pada (Kemendikbud, 2014), tahap ini merupakan momen refleksi bagi pendidik dan murid atas seluruh aktivitas proyek yang telah dijalani. Murid diminta menjawab dua pertanyaan, yakni menyampaikan pendapat mengenai hasil proyek pembuatan edible straw dan menuliskan saran perbaikan, di mana seluruh murid berhasil Lantanida Journal, 14(1): 59-79

memperoleh skor 100% dengan kategori baik sekali (Gambar 8). Capaian ini menunjukkan bahwa murid mampu mengekspresikan pandangan terhadap hasil proyek sekaligus merefleksikan kelebihan dan kekurangan dari proses yang telah dilalui. Tahapan ini turut melatih kemampuan literasi sains murid dalam meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah sebagai dasar pengambilan keputusan, sejalan dengan (OECD, 2023).

KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan *e-worksheet* berbasis PjBL berorientasi ESD pada topik pembuatan *edible straw* dari bahan alam yang dikembangkan melalui metode Design and Development Research (DDR). Hasil validasi oleh empat validator menunjukkan bahwa *e-worksheet* yang dikembangkan memenuhi standar kelayakan yang sangat baik, mencakup aspek kesesuaian instruksi dengan sintaks PjBL (100%), tata bahasa dan kejelasan kalimat (100%), tata letak dan tampilan (90-100%), serta kesesuaian isi dengan tujuan pembelajaran (87,50-100%). Hasil uji keterlaksanaan secara terbatas pada 18 murid kelas XII SMA menunjukkan bahwa seluruh sintaks PjBL terlaksana dengan baik, dengan perolehan skor tertinggi pada tahap monitoring (100%) dan terendah pada tahap penyusunan jadwal (69%), namun secara keseluruhan berada pada kategori baik hingga sangat baik. Dengan demikian, *e-worksheet* berbasis PjBL berorientasi ESD yang dikembangkan terbukti layak dan dapat digunakan sebagai perangkat pembelajaran untuk melatih kemampuan literasi sains murid secara kontekstual dan bermakna.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Y. (2016). Revitalisasi penilaian pembelajaran dalam konteks pendidikan multiliterasi abad ke-21. *Bandung: Refika Aditama*, 132.
- Armanda, B. P., & Putra, A. (2023). Pengaruh E-LKPD Model Problem-Based Learning Terhadap Pencapaian Kompetensi Siswa dalam Pembelajaran Fisika Kelas X SMAS Adabiah 1 Padang. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7, 15022–15033.
- Azizah, R. N., Suryatna, A., & Wahyu, W. (2020). ANALISIS KELAYAKAN INTERNAL LKS MODEL PBL BERBASIS STEM UNTUK MEMBANGUN KREATIVITAS SISWA PADA PEMBUATAN MODEL BENTUK MOLEKUL. *Jurnal Riset dan Praktik Pendidikan Kimia*, 8(2), 22-31.
- Cholifah, S. N., & Novita, D. (2022). Pengembangan E-LKPD guided inquiry-liveworksheet untuk meningkatkan literasi sains pada submateri faktor laju reaksi. *Chemistry Education Practice*, 5(1), 23-34.
- Cole, F. (2024). *An educator's guide to project-based learning: turning theory into practice*. *Lantanida Journal*, 14(1): 59-79

David Fulton Publishers.

- Cordova. (2024). Urgensi pengelolaan sampah plastik dalam mendukung mitigasi pencemaran lingkungan laut. *BRIN*.
- Dieni, W. E. F., Hernani, H., & Kaniawati, I. (2022). Applying the education for sustainable development approach to energy instruction design for encouraging scientific literacy of junior high school students. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 23(2), 670-680.
- Febrizal, F., Hernani, H., & Mudzakir, A. (2023). Systematic literature review: Peran pembelajaran kimia terhadap keberlanjutan dalam konteks education for sustainable development (ESD). *Quantum: Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*, 14(2), 238-254.
- Fuadi, H., Robbia, A. Z., Jamaluddin, J., & Jufri, A. W. (2020). Analisis faktor penyebab rendahnya kemampuan literasi sains peserta didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(2), 108-116.
- Gusmiarni, P., & Jufri, J. (2024). PENGEMBANGAN LEMBAR KERJA PESERTA DIDIK (LKPD) BERBASIS PROJECT-BASED LEARNING. *JDMP (Jurnal Dinamika Manajemen Pendidikan)*, 9(1), 11-19.
- Indarta, Y., Jalinus, N., Waskito, W., Samala, A. D., Riyanda, A. R., & Adi, N. H. (2022). Relevansi kurikulum merdeka belajar dengan model pembelajaran abad 21 dalam perkembangan era society 5.0. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(2), 3011-3024.
- Kemendikbud. (2022). *KEPUTUSAN KEPALA BADAN STANDAR, KURIKULUM, DAN ASESMEN PENDIDIKAN KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI NOMOR 033/H/KR/2022 TENTANG CAPAIAN PEMBELAJARAN (CP) PADA PENDIDIKAN ANAK USIA DINI (PAUD)*.
- Khalda, N., Sunarya, R. R., Aisyah, R., & Dahriah, I. (2025). Project-Based Learning in Creating Edible Straws from Red Dragon Fruit Peel to Enhance Scientific Skills. *Journal of Educational Chemistry (JEC)*, 7(1).
- Khoiri, N., Hayat, M. S., & Siskawati, D. (2023). Sustainability Awareness Profile of Locational School Students Through ESD-Oriented Project Based Learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(SpecialIssue), 932-938.
- KLHK. (2018). *PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR P.10/MENLHK/SETJEN/PLB.0/4/2018. 734 TENTANG PENYUSUNAN KEBIJAKAN DAN STRATEGI DAERAH (JAKSTRADA) DALAM PENGELOLAAN SAMPAH RUMAH TANGGA DAN SAMPAH SEJENIS RUMAH TANGGA*.
- Kokotsaki, D., Menzies, V., & Wiggins, A. (2016). Project-based learning: A review of the literature. *Improving schools*, 19(3), 267-277.

- Manasikana, A., & Rahayu, Y. S. (2025). Keefektifan E-LKPD Berbasis Project Based Learning (Pjbl) pada Materi Metabolisme Karbohidrat untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik Kelas XII SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 14(2), 454-461.
- Masithah, I., Jufri, A. W., & Ramdani, A. (2022). Bahan ajar IPA berbasis inkuiri untuk meningkatkan literasi sains. *Journal of Classroom Action Research*, 4(2), 138-144.
- Muhammad, R. A., & Ambarwati, R. (2021). Pengembangan e-book keanekaragaman hayati sebagai sumber belajar untuk melatih literasi digital peserta didik kelas X SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi (BioEdu)*, 10(2), 326-334.
- Nuraviani, E., & Destiana, I. D. (2021). Pemanfaatan buah dan kulit nanas subang (*Ananas comosus* L. merr) subgrade sebagai edible drinking straw ramah lingkungan. *Teknotan: Jurnal Industri Teknologi Pertanian*, 15(2), 81-84.
- Nurhamidah, S., & Nurachadijat, K. (2023). Project based learning dalam meningkatkan kemandirian belajar siswa. *Jurnal Inovasi, Evaluasi Dan Pengembangan Pembelajaran (JIEPP)*, 3(2), 42-50.
- OECD. (2023). *PISA 2022 Results The State of Learning and Equity in Education: Vol. I*.
- Sari, E. R., Saputro, E. F. H., & Lestari, N. (2022). Pembelajaran kontekstual untuk melatih kemampuan literasi sains siswa. *QUANTUM: Jurnal Pembelajaran IPA dan Aplikasinya*, 2(1), 1-4.
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2014). *Design and development research: Methods, strategies, and issues*. Routledge.
- Rohmah, D. U. M., Luketsi, W. P., & Windarwati, S. (2020). Analisis organoleptik edible straw dari buah nanas (*Ananas comosus* L.) subgrade varietas queen. *AGROINTEK: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 14(1), 24-35.
- Sabbihisma, S., Yulimarta, E., & Ratnasari, L. (2025). Peningkatan Hasil Belajar IPAS Peserta Didik Menggunakan Model Project Based Learning Berbasis TPACK di Kelas IV B SD Negeri 05 Pasar Muara Labuh Kabupaten Solok Selatan. *Menulis: Jurnal Penelitian Nusantara*, 1(1), 33-39.
- Sakti, I., Nirwana, N., & Swistoro, E. (2021). Penerapan Model Project Based Learning untuk Meningkatkan Literasi Sains Mahasiswa Pendidikan IPA. *Jurnal Kumpulan Fisika*, 4(1), 35-42.
- Sari A.K. (2024). Pengembangan E-Modul Berbasis Education for Sustainable Development (ESD) pada Topik Bioplastik untuk Meningkatkan Literasi Sains Peserta Didik Development. *Jurnal Riset Dan Praktik Pendidikan Kimia*, 12(2), 137-146.
- Suparya, I. K., Suastra, I. W., & Arnyana, I. B. P. (2022). Rendahnya literasi sains: faktor

penyebab dan alternatif solusinya. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Citra Bakti*, 9(1), 153-166.

Suradika, A., Dewi, H. I., & Nasution, M. I. (2023). Project-based learning and problem-based learning models in critical and creative students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(1), 153-167.

Suryaningsih, S., & Nurlita, R. (2021). Pentingnya lembar kerja peserta didik elektronik (E-LKPD) inovatif dalam proses pembelajaran abad 21. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 2(7), 1256-1268.

UNESCO. (2020). *Education for Sustainable Development A roadmap*.

Wati, F. P., & Wulandari, F. (2024). the Effect of Socio Scientific Issues Based Learning on Elementary School Student's Scientific Literacy Abilities. *EDUPROXIMA (JURNAL ILMIAH PENDIDIKAN IPA)*, 6(3), 930-941.

Yusmar, F., & Fadilah, R. E. (2023). Analisis rendahnya literasi sains peserta didik indonesia: Hasil PISA dan faktor penyebab. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(1), 11-19.

Zahirah, D. F., & Sulistina, O. (2023). Efektifitas Pembelajaran STEM–Project-Based Learning untuk Peningkatan Kemampuan Literasi Sains dan Berpikir Kreatif Siswa pada Materi Kesetimbangan Kimia. *UNESA Journal of Chemical Education*, 12(2), 121-131.