Dwija Cendekia: Jurnal Riset Pedagogik
Volume 10 (2), 2026, pp. 464-480

Original Research Article

Flipbook berbasis PBL terbukti sangat valid, praktis, dan efektif melatihkan literasi sains siswa pada topik pencemaran lingkungan

Verina Riska [a], Fida Rachmadiarti [b]*

Universitas Negeri Surabaya. Jl. Ketintang, Kota Surabaya, 60231, Indonesia
[a]verinariska.22010@mhs.unesa.ac.id; [b] fidarachmadiarti@unesa.ac.id
* Corresponding Author

Receipt: 5 May 2026; **Revision**: 13 September 2026; **Accepted**: 24 September 2026; **Online**: 24 September 2026

Abstrak: Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengembangkan *flipbook* berbasis *Problem Based Learning* serta mengetahui validitas, kepraktisan, dan efektivitasnya dalam melatihkan kompetensi literasi sains murid kelas X SMA. Penelitian ini menggunakan metode Research and Development dengan model 4D dan melibatkan 36 murid kelas X SMA. Data diperoleh melalui validasi, observasi, angket, serta tes awal dan akhir, dengan analisis deskriptif kuantitatif yang mengacu pada persentase dan N-gain. Berdasarkan hasil analisis, *flipbook* yang dihasilkan mencapai tingkat validitas sebesar 99%, kepraktisan sebesar 99,3% berdasarkan angket respons murid dan 99,7% berdasarkan hasil observasi. Efektivitas media tergolong tinggi dengan N-gain sebesar 0,94 dan rata-rata ketercapaian indikator kompetensi literasi sains sebesar 96,75%. Oleh karena itu, produk flipbook berbasis PBL dinilai memiliki tingkat validitas, kepraktisan, dan efektivitas yang baik untuk melatih kompetensi literasi sains murid pada topik pencemaran lingkungan dan mendukung inovasi pembelajaran biologi sesuai tuntutan abad ke-21.
Keywords: *Flipbook*; *Problem Based Learning*; Kompetensi Literasi Sains; Pencemaran Ling-kungan; Pengembangan Media Pembelajaran abad ke-21.

PBL-based flipbooks prove highly valid, practical, and effective in enhancing high school students' scientific literacy on environmental pollution

Abstract: *This study aimed to develop a Problem Based Learning-based flipbook and determine its validity, practicality, and effectiveness in fostering the scientific literacy competencies of tenth-grade high school students. This study employed the Research and Development method using the 4D model and involved 36 tenth-grade high school students. Data were collected through validation, observation, questionnaires, and pre- and post-tests, and analyzed descriptively and quantitatively based on percentages and N-gain. The results showed that the developed flipbook achieved a validity level of 99%, while its practicality reached 99.3% based on student responses and 99.7% based on observation results. The effectiveness of the media was categorized as high, with an N-gain score of 0.94 and an average achievement of scientific literacy competency indicators of 96.75%. Therefore, the PBL-based flipbook demonstrated good validity, practicality, and effectiveness in fostering students' scientific literacy competencies on the topic of environmental pollution and supporting innovation in biology learning in accordance with the demands of the 21st century.*
Keywords: *Flipbook; Problem-Based Learning; Science Literacy Competence; Environmental Pollution; Learning Media Development*

This is an open access article under the CC–BY-SA license.

PENDAHULUAN

Peran pendidikan pada era saat ini tidak lagi terbatas pada penyampaian pengetahuan, tetapi dituntut untuk mengembangkan kompetensi yang memungkinkan peserta didik beradaptasi dengan perubahan teknologi, globalisasi, dan dinamika dunia kerja, termasuk kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, literasi informasi, serta kemampuan beradaptasi. Namun, praktik pembelajaran yang berlangsung masih cenderung menitikberatkan pada penguasaan materi (Popandopulo et al., 2023). Akibatnya, pengembangan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan pembentukan sikap murid belum optimal. Namun demikian, pelaksanaan pembelajaran di satuan pendidikan masih menunjukkan adanya ketidaksesuaian dengan arah kebijakan Kurikulum Merdeka (Yoto et al., 2024). Kurikulum tersebut menekankan transformasi pembelajaran yang berpusat pada murid dengan fokus pada penguatan keterampilan abad ke-21, yaitu kemampuan berpikir tingkat tinggi, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi (Siregar et al., 2024) Dalam konteks ini, partisipasi aktif murid menjadi faktor kunci yang menentukan keberhasilan proses pembelajaran. Hidayati & Rachmadiarti, (2024) menegaskan bahwa efektivitas pembelajaran ditentukan oleh sejauh mana murid ditempatkan sebagai pusat kegiatan belajar. Selain itu, pembelajaran juga diarahkan untuk mendukung pembentukan karakter murid melalui implementasi nilai-nilai Profil Pelajar Pancasila yang diintegrasikan dalam seluruh aktivitas pembelajaran (Utami et al., 2022). Dalam pembelajaran biologi kelas X SMA fase E, murid tidak hanya dituntut memahami konsep, tetapi perlu mengembangkan keterampilan proses sains serta kemampuan merancang solusi ilmiah terhadap permasalahan lingkungan (Anggraena et al., 2022). Temuan tersebut memperlihatkan perlunya pengembangan pembelajaran yang tidak hanya berfokus pada pemahaman materi, tetapi turut melibatkan murid secara aktif dalam mengasah keterampilan ilmiah serta menghadapi permasalahan yang bersifat kontekstual.

Perkembangan era digital 5.0 membuat tantangan dalam pembelajaran biologi semakin kompleks. Pembelajaran tidak lagi cukup berorientasi pada pemahaman konsep, tetapi juga harus mampu melatihkan keterampilan murid dalam memanfaatkan teknologi untuk mengakses informasi, mengolah data, serta mengomunikasikan hasil secara ilmiah (Aumann et al., 2024). Namun, kenyataannya di lapangan menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam pembelajaran masih belum optimal. Pada pembelajaran Life Sciences, pemanfaatan ICT (*Information and Communication Technology*) masih ditemukan mengikuti praktik pembelajaran tradisional dan menghadapi kendala berupa keterbatasan akses perangkat, konektivitas, serta kebutuhan pelatihan untuk penerapan teknologi yang lebih inovatif (Ramnarain et al., 2023). Rendahnya kualitas pembelajaran sains berdampak langsung pada perkembangan kompetensi literasi sains murid. Pemahaman mengenai literasi sains mencakup lebih dari sekadar pengetahuan tentang konsep ilmiah, yaitu kemampuan murid menerapkan pengetahuan tersebut dalam menjelaskan fenomena, menentukan keputusan yang didukung bukti, serta menghadapi masalah di kehidupan sehari-hari (Adnan et al., 2021). Meskipun demikian, hasil PISA 2022 memperlihatkan bahwa Indonesia memperoleh skor literasi sains sebesar 383, lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata OECD sebesar 485 (OECD, 2023). Kesenjangan tersebut menegaskan bahwa pembelajaran sains yang berlangsung saat ini belum mampu mengoptimalkan pengembangan kompetensi literasi sains murid. Rendahnya literasi sains ini juga dipengaruhi oleh kurangnya motivasi belajar murid serta terbatasnya penggunaan media pembelajaran inovatif yang mampu mendorong keaktifan belajar (Khoirotunnisa et al., 2025). Sehingga, diperlukan pengembangan

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

media pembelajaran yang memanfaatkan teknologi serta mampu mengarahkan murid untuk aktif memahami fenomena, mengolah informasi, dan menggunakan bukti dalam menyelesaikan permasalahan.

Upaya meningkatkan kualitas pembelajaran saat ini tidak hanya berfokus pada penyampaian materi, sebaliknya, diperlukan pendekatan yang mampu melibatkan murid secara aktif dalam pembelajaran sekaligus mendorong berkembangnya keterampilan berpikir tingkat tinggi. Salah satu pendekatan yang relevan dalam kondisi tersebut adalah *Problem Based Learning* (PBL), yang menempatkan masalah nyata dan dekat dengan kehidupan sebagai titik awal kegiatan pembelajaran. Alur belajar dalam model ini bergerak dari proses memahami situasi masalah, menelusuri informasi yang relevan, hingga merumuskan alternatif solusi secara bertahap dan terstruktur (Pozuelo-Muñoz et al., 2023). Sejumlah kajian menunjukkan bahwa pola pembelajaran seperti ini memberikan ruang bagi murid untuk berkembang dalam aspek kolaborasi, kemandirian belajar, serta kemampuan ilmiah ketika menghadapi persoalan yang bersifat kontekstual (Carrió et al., 2022). Selain itu, PBL juga dilaporkan berkontribusi terhadap peningkatan kompetensi literasi sains murid (Astawan et al., 2025). Penelitian lain juga menunjukkan adanya peningkatan hasil belajar serta keterampilan proses sains melalui penerapan model PBL (Azizah & Purnomo, 2020). Meskipun demikian, penerapan PBL dalam pembelajaran tetap membutuhkan dukungan media yang mampu menyajikan permasalahan, informasi, dan aktivitas pembelajaran secara sistematis agar tahapan pemecahan masalah dapat terlaksana secara optimal. Dengan demikian, PBL perlu didukung oleh media yang tidak hanya menyampaikan materi, tetapi juga memfasilitasi murid dalam mengikuti proses pembelajaran berbasis masalah.

Jika dikaitkan dengan materi pencemaran lingkungan, penerapan PBL menjadi sangat relevan karena topik tersebut sangat berkaitan dengan fenomena di dalam kehidupan sehari-hari, seperti pencemaran air, udara, dan tanah. Pada pembelajaran ini, pemahaman konsep saja tidak cukup karena murid juga perlu dibiasakan untuk mengkaji penyebab, menelaah dampak, serta menyusun solusi berbasis penalaran ilmiah (Ayerbe-López & Perales-Palacios, 2023). Namun demikian, penggunaan bahan ajar konvensional masih ditemukan kurang mampu menarik minat murid untuk mengeksplorasi materi, sehingga diperlukan pengembangan sumber belajar digital yang lebih interaktif dan sesuai dengan karakteristik materi (Rokhayati et al., 2022). Pada materi pencemaran lingkungan yang memiliki keterkaitan erat dengan kehidupan sehari-hari, pemanfaatan bahan ajar digital dapat menjadi alternatif untuk mendukung peningkatan literasi dan pemahaman murid terhadap permasalahan lingkungan (Vonti et al., 2024). Situasi ini mengarah pada kebutuhan adanya inovasi media pembelajaran yang dapat memperkuat implementasi PBL di kelas. Dalam hal ini, *flipbook* menjadi salah satu alternatif yang potensial karena menyajikan materi dalam bentuk digital interaktif yang memadukan teks, gambar, animasi, hingga video dalam satu penyajian (Apriliyani & Mulyatna, 2021). Namun, penggunaan *flipbook* sebagai media digital perlu diarahkan lebih lanjut agar tidak hanya berfungsi sebagai penyaji materi, tetapi dapat memfasilitasi aktivitas pemecahan masalah dan pengembangan kompetensi literasi sains.

Penggunaan *flipbook* dalam pembelajaran dilaporkan mampu meningkatkan motivasi serta keterlibatan aktif murid selama proses belajar berlangsung. Temuan Wijayanti, (2023) juga memperkuat hal tersebut, di mana media ini dapat mendorong partisipasi murid secara lebih aktif. Ketika *flipbook* dipadukan dengan model PBL, pembelajaran yang tercipta menjadi lebih kontekstual, interaktif, dan bermakna karena

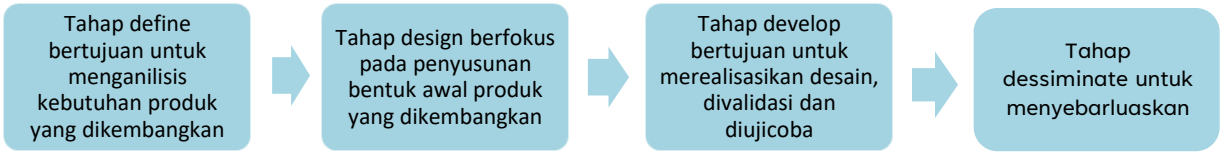
Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

murid tidak hanya menerima informasi, tetapi terlibat dalam proses *problem solving*. Namun, berdasarkan kajian tersebut, penggunaan *flipbook* dan PBL masih perlu diarahkan pada pengembangan aktivitas yang secara khusus melatihkan kompetensi literasi sains, terutama dalam memahami fenomena, melakukan penyelidikan, menginterpretasikan data dan bukti, serta menggunakan informasi ilmiah untuk mengambil keputusan. Sehingga, diperlukan modifikasi *flipbook* yang tidak hanya menggabungkan format digital dengan sintaks PBL, tetapi juga mengintegrasikan aktivitas yang secara terarah melatihkan indikator kompetensi literasi sains murid.

Meskipun demikian, penelitian mengenai pengembangan *flipbook* berbasis PBL yang secara khusus diarahkan untuk melatihkan kompetensi literasi sains pada submateri pencemaran lingkungan masih terbatas. Penelitian terdahulu umumnya mengkaji penggunaan *flipbook* untuk meningkatkan motivasi, hasil belajar, atau keterlibatan murid, sedangkan integrasi *flipbook* berbasis PBL dengan indikator kompetensi literasi sains dalam konteks pencemaran lingkungan belum banyak dikembangkan. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya pengembangan media pembelajaran yang tidak hanya menarik dan interaktif, tetapi juga mengarahkan murid untuk memahami fenomena ilmiah, melakukan penyelidikan, menginterpretasikan data dan bukti ilmiah, serta menggunakan informasi ilmiah dalam pengambilan keputusan. Kebaruan penelitian ini terletak pada modifikasi *flipbook* berbasis PBL yang mengintegrasikan permasalahan pencemaran lingkungan dengan aktivitas yang dirancang untuk melatihkan indikator kompetensi literasi sains murid. Berdasarkan pertimbangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *flipbook* berbasis *Problem Based Learning* pada submateri pencemaran lingkungan serta mengetahui kelayakannya berdasarkan aspek validitas, kepraktisan, dan efektivitas dalam melatihkan kompetensi literasi sains murid kelas X SMA.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Research and Development (R&D) dengan mengikuti tahapan model 4D, yaitu *Define, Design, Develop*, serta *Disseminate*. Proses pengembangan dilakukan untuk menghasilkan media pembelajaran yang tidak sekadar menyampaikan materi, tetapi turut memfasilitasi keterlibatan murid dalam kegiatan pemecahan masalah dan melatihkan kompetensi literasi sains. Produk yang dikembangkan berupa *flipbook* yang diintegrasikan dengan model *Problem Based Learning* (PBL) pada materi pencemaran lingkungan. Prosedur penelitian meliputi identifikasi kebutuhan pada tahap *Define*, perancangan produk pada tahap *Design*, pengembangan dan validasi produk pada tahap *Develop*, serta penyebarluasan produk pada tahap *Disseminate* (Riyanti et al., 2026). Untuk mengetahui efektivitas produk dalam meningkatkan kompetensi literasi sains, digunakan rancangan one group pretest-posttest dengan membandingkan hasil tes murid sebelum dan sesudah pembelajaran (Fiordelli et al., 2023).



Gambar 1. Tahap Model Pengembangan 4D

Penelitian ini dilaksanakan di SMAN 4 Surabaya dan melibatkan 36 murid dari kelas X-7. Implementasi flipbook dilakukan dalam tiga pertemuan dengan alokasi waktu 2

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

× 45 menit pada setiap pertemuan sesuai rancangan pembelajaran berbasis PBL. Uji coba dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 setelah produk memperoleh hasil validasi dan memenuhi kriteria kelayakan pembelajaran.

Data penelitian dikumpulkan dengan menggunakan beberapa teknik, yaitu validasi, observasi, angket, serta tes. Validasi produk dilakukan oleh validator yang terdiri atas ahli materi dan ahli pendidikan menggunakan instrumen validasi yang mencakup aspek isi, penyajian, dan kebahasaan. Observasi dilakukan selama proses pembelajaran untuk mengetahui keterlaksanaan penggunaan *flipbook*, sedangkan angket diberikan kepada murid setelah penggunaan media untuk memperoleh respons terhadap kepraktisan produk. Data mengenai kompetensi literasi sains murid diperoleh dari hasil pretest yang diberikan sebelum pembelajaran dan posttest yang diberikan setelah pembelajaran menggunakan *flipbook* berbasis PBL.

Data penelitian dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Data validasi diolah berdasarkan skala Likert pada rentang skor 1 sampai 4. Sementara itu, hasil observasi keterlaksanaan dan respons murid melalui angket dianalisis menggunakan skala Guttman dengan ketentuan skor 1 bagi jawaban setuju dan skor 0 bagi jawaban tidak setuju (Mufidah & Dwiningsih, 2024). Hasil analisis validitas dan kepraktisan dinyatakan dalam bentuk persentase dan diinterpretasikan berdasarkan kriteria kelayakan yang telah ditetapkan. Efektivitas *flipbook* dianalisis menggunakan N-gain berdasarkan perolehan nilai pretest dan posttest kemudian dibandingkan untuk mengidentifikasi peningkatan kompetensi literasi sains murid (Asih et al., 2022). Analisis keefektifan dilakukan menggunakan perhitungan N-gain dengan rumus perhitungan yang telah ditetapkan :

$$\frac{Skor\ posttest - Skor\ pretest}{Nilai\ maksimum - Skor\ pretest} \quad \text{..... 1]}$$

Selanjutnya, skor gain tersebut diinterpretasikan berdasarkan kategori menurut Sugiyono (2022) seperti pada Tabel 1, guna menentukan tingkat peningkatan yang dicapai.

Tabel 1. Kriteria Gain Score

Gain score	Kategori
$0{,}7 \leq n \leq 1{,}00$	Tinggi
$0{,}3 \leq n \leq 0{,}7$	Sedang
$0 \leq 0{,}3$	Rendah

Ethical Statement

Penulis menyatakan bahwa penelitian ini dilaksanakan dengan menjunjung tinggi prinsip-prinsip etika ilmiah. Penelitian ini melibatkan 36 murid kelas X-7 SMA Negeri di Surabaya sebagai partisipan dalam kegiatan pembelajaran, pengisian angket respons, serta pelaksanaan *pretest* dan *posttest*. Data penelitian dikumpulkan, dianalisis, dan disajikan secara objektif tanpa fabrikasi, falsifikasi, plagiarisme, maupun manipulasi data. Identitas dan informasi pribadi murid dijaga kerahasiaannya serta tidak dicantumkan dalam publikasi artikel. Penulis juga menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan yang memengaruhi pelaksanaan penelitian maupun publikasi artikel ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Define

Kondisi pembelajaran yang berlangsung masih banyak yang menunjukkan perkembangan kompetensi literasi sains murid masih belum optimal, terutama ditinjau dari

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

keterlibatan aktif serta aktivitas berpikir selama pembelajaran. Atas dasar kondisi tersebut, dikembangkan media berupa flipbook berbasis Problem Based Learning guna menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif dan dekat dengan konteks kehidupan. Pendekatan berbasis masalah digunakan sebagai landasan dalam proses pembelajaran. Capaian pembelajaran menekankan pada kemampuan murid dalam menerapkan konsep IPA untuk menyelesaikan permasalahan lingkungan, sehingga menjadi dasar dalam merumuskan tujuan pembelajaran serta penyusunan alur kegiatan pembelajaran yang relevan (Rap et al., 2022). Selanjutnya, analisis murid menunjukkan bahwa murid kelas X-7 SMAN 4 Surabaya memiliki latar belakang pengetahuan yang beragam dengan kemampuan kognitif yang berada pada fase operasional formal awal yang secara teoritis telah mendukung kemampuan berpikir abstrak. Akan tetapi, kemampuan tersebut belum sepenuhnya optimal, terutama dalam mengaitkan konsep-konsep ilmiah secara mendalam. Kondisi ini mengindikasikan bahwa murid masih memerlukan pendampingan dalam proses pembelajaran agar kemampuan berpikirnya berkembang optimal. Tidak hanya itu, murid juga menunjukkan ketertarikan yang cukup tinggi terhadap fenomena lingkungan di sekitar, meskipun keterampilan kolaborasi dan investigasi ilmiah masih perlu difasilitasi secara terarah.

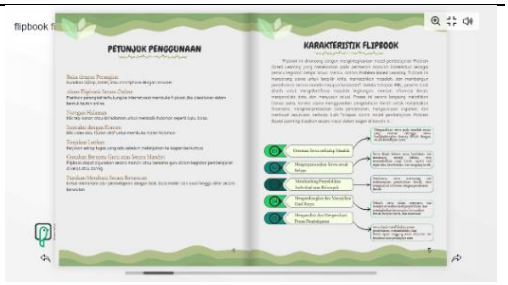
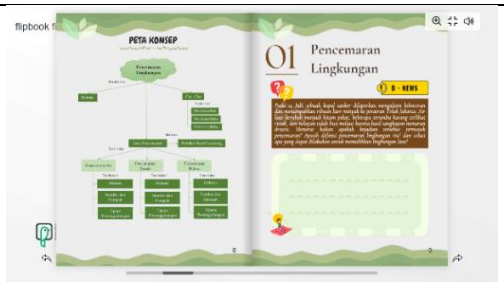
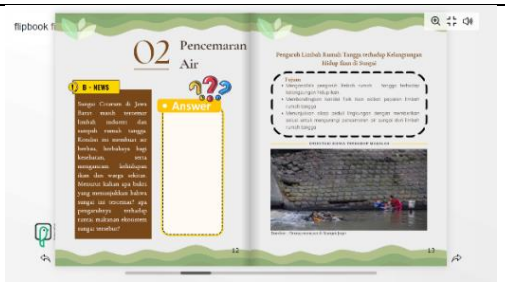
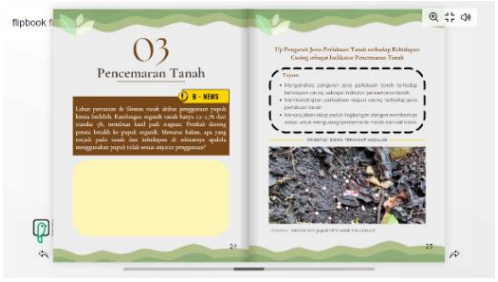
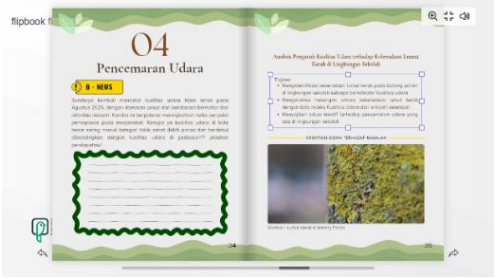
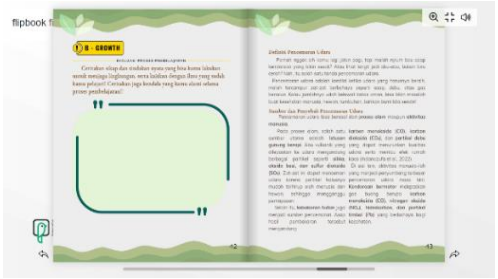
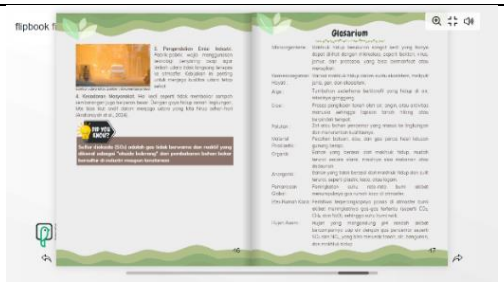
Berdasarkan hal tersebut, analisis materi mengidentifikasi bahwa topik pencemaran lingkungan memiliki karakteristik yang relevan dengan permasalahan nyata dalam kehidupan sehari-hari. Materi ini memiliki keterkaitan konsep yang kuat, sehingga memerlukan penyajian yang sistematis agar murid mampu memahami hubungan sebab-akibat dari setiap jenis pencemaran secara utuh (Widharnati et al., 2022). Sehingga dilakukan analisis konsep untuk menghasilkan pemetaan struktur konsep yang menunjukkan bahwa pencemaran lingkungan sebagai konsep utama. Pemetaan ini memberikan kerangka konseptual yang terstruktur dari konsep umum menuju konsep yang khusus. Berdasarkan keseluruhan hasil analisis tersebut, ketidaksesuaian antara capaian konsep yang diharapkan dengan kondisi awal murid menunjukkan perlunya perumusan tujuan pembelajaran yang lebih terarah. Oleh karena itu, tujuan pembelajaran disusun untuk memberikan arah yang jelas dalam membantu murid memahami konsep secara bertahap dan terstruktur, sehingga kesulitan yang dialami dapat diminimalkan. Sebagai implikasi dari tujuan yang telah dirumuskan, selanjutnya dilakukan analisis tugas untuk menunjukkan bahwa aktivitas pembelajaran dirancang berbasis *Problem Based Learning* difokuskan untuk dapat melatih kompetensi literasi sains.

Tahap Design

Hasil kajian awal terhadap kurikulum menunjukkan bahwa pembelajaran pada materi pencemaran lingkungan tidak hanya berorientasi pada pemahaman konsep, tetapi juga melibatkan aktivitas yang menuntut keterampilan berpikir, kreativitas, dan kolaborasi murid (Annisa et al., 2024). Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menghasilkan media berupa *flipbook* berbasis *Problem Based Learning* pada submateri pencemaran lingkungan sebagai upaya untuk memperkuat kompetensi literasi sains murid kelas X SMA. *Flipbook* dirancang dalam bentuk digital interaktif dengan mengintegrasikan alur *Problem Based Learning* secara utuh, mencakup tahap pengenalan masalah, pengelolaan pembelajaran, kegiatan penyelidikan, penyajian temuan, hingga evaluasi proses belajar. Susunan tampilan media tersaji secara terstruktur dan ditampilkan pada Tabel 2.

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

Tabel 2. Tampilan *Flipbook*

Bagian Pendahuluan	 **Gambar 2.** Cover Flipbook	 **Gambar 3.** Karakteristik Flipbook
Bagian Isi	 **Gambar 4.** Topik Pencemaran Lingkungan	 **Gambar 5.** Topik Pencemaran Air
	 **Gambar 6.** Topik Pencemaran Tanah	 **Gambar 7.** Topik Pencemaran Udara
	 **Gambar 8.** Refleksi Murid	
Bagian Penutup	 **Gambar 9.** Glosarium	 **Gambar 10.** Daftar Pustaka

Flipbook dilengkapi fitur pembelajaran yang dirancang untuk melatihkan indikator kompetensi literasi sains. Fitur-fitur tersaji pada Tabel 3.

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

Tabel 3. Penjabaran Fitur dalam *Flipbook*

Fitur *Flipbook*	Penjelasan
	B-News merupakan fitur yang menyajikan informasi kontekstual terkait pencemaran lingkungan dari sumber terpercaya, sehingga membantu murid mengaitkan konsep pembelajaran dengan fenomena nyata serta menjelaskan secara ilmiah.
	B-Sains merupakan fitur yang berfokus pada kegiatan penyelidikan sederhana yang dirancang untuk melatih kemampuan merancang dan melaksanakan penelitian sebagai bagian dari kompetensi literasi sains.
	B-Analyze merupakan fitur yang memuat pertanyaan berbasis pemecahan masalah dan analisis data sesuai sintaks *Problem Based Learning*, sehingga melatih murid dalam menafsirkan informasi, mengevaluasi bukti, dan menyusun kesimpulan secara logis.
	B-Growth merupakan bagian reflektif yang memfasilitasi murid untuk mengevaluasi proses dan hasil pembelajaran, termasuk pemahaman konsep serta perkembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi dan kompetensi literasi sains.

Tahap Develop

Penilaian terhadap *flipbook* berbasis *Problem Based Learning* dilakukan dengan melibatkan dua ahli dari bidang materi dan pembelajaran. Konsistensi nilai yang dicapai menunjukkan sejauh mana kesesuian media baik dari segi konten maupun pendekatan pembelajaran yang digunakan, sehingga penilaian media dapat diinterpretasikan telah selaras dengan seluruh standar kelayakan yang ditetapkan atau tidak.

Tabel 4. Hasil Validitas *Flipbook*

Aspek	Persentase (%)	Kriteria
Kelayakan Penyajian	100	Sangat Valid
Kelayakan Isi	97,5	Sangat Valid
Kelayakan Bahasa	100	Sangat Valid
Rata-rata	99	Sangat Valid

Perolehan validitas sebesar 99% mengindikasikan bahwa *flipbook* telah memenuhi standar kelayakan pada aspek isi materi, tampilan penyajian, serta penggunaan bahasa. Berdasarkan hasil validasi ahli, produk berada pada kategori sangat valid sehingga layak diterapkan pada tahap uji coba pembelajaran. Hasil ini sesuai dengan penelitian Humairah et al. (2022) yang menunjukkan bahwa produk digital *flipbook* dengan tingkat validitas yang tinggi dapat dilanjutkan pada pengujian kepraktisan dan efektivitas dalam pembelajaran. Dengan demikian, hasil validasi 99% memberikan dasar bahwa flipbook telah memenuhi kelayakan produk sebelum digunakan untuk menguji kontribusinya dalam melatihkan kompetensi literasi sains murid.

Penilaian kepraktisan *flipbook* berbasis *Problem Based Learning* pada submateri pencemaran lingkungan dilakukan melalui observasi keterlaksanaan pembelajaran. Penelitian melibatkan 36 murid kelas X-7 SMAN 4 Surabaya. Hasil keterlaksanaan pembelajaran tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Observasi Keterlaksanaan

Aspek yang Diamati	Persentase (%)	Kategori
Penggunaan Flipbook dalam Pembelajaran	100	Sangat Praktis
Keterlibatan dalam Diskusi	100	Sangat Praktis
Pemecahan Masalah	94,4	Sangat Praktis
Penyusunan Solusi	97,2	Sangat Praktis
Aktivitas Penelitian	100	Sangat Praktis
Analisis dan Interpretasi Data	100	Sangat Praktis
Rata-rata	99,3	Sangat Praktis

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

Aspek kepraktisan juga diperkuat oleh data angket respons murid menggunakan skala Guttman yang menunjukkan persepsi positif terhadap kemudahan penggunaan, kejelasan materi, tampilan, dan manfaat *flipbook*, dengan hasil selengkapnya tersaji pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Angket Respon Murid

Aspek Penilaian	Jawaban "Setuju" (%)
Aspek Penyajian	100
Aspek Isi	100
Aspek Bahasa	100
Aspek Kriteria Problem Based Learning	98,8
Aspek Kriteria Kompetensi Literasi Sains	100
Rata-rata Total (%)	99,7
Interpretasi	Sangat Praktis

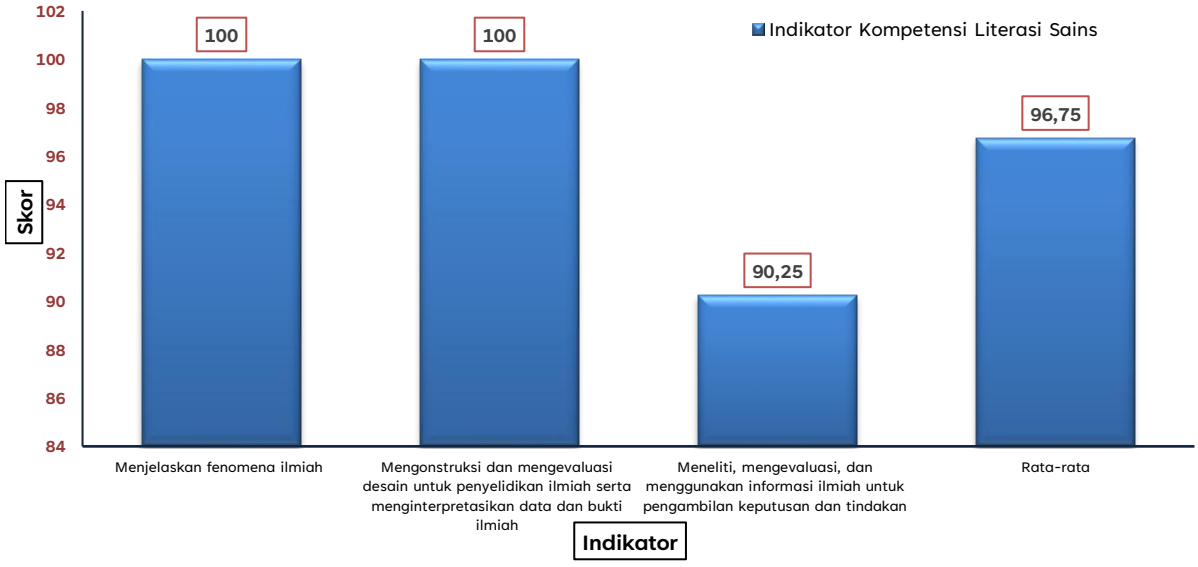
Secara keseluruhan, hasil observasi (99,3%) dan angket respon murid (99,7%) menunjukkan bahwa flipbook berbasis Problem *Based Learning* sangat praktis, baik dari segi penggunaan atau memfasilitasi keterlaksanaan pembelajaran dan mampu melatihkan kompetensi literasi sains (Hasibuan & Rahmadina, 2025).

Evaluasi efektivitas media dilakukan untuk mengkaji dampak penggunaan *flipbook* terhadap peningkatan kompetensi literasi sains murid. Analisis data dilaksanakan dengan membandingkan hasil tes sebelum dan sesudah pembelajaran (Natsir et al., 2024). Untuk melihat besarnya perubahan kemampuan, digunakan perhitungan indeks N-gain sebagai indikator yang lebih objektif. Hasil perolehan N-gain selanjutnya disusun dan disajikan dalam bentuk tabel. Data tersebut kemudian digunakan sebagai acuan dalam menafsirkan sejauh mana kemampuan murid mengalami peningkatan setelah kegiatan pembelajaran dilakukan.

Tabel 7. Hasil Perhitungan N-Gain Kompetensi Literasi Sains

Jumlah Murid	Rata Rata N-Gain	Kategori N-Gain	Persentase Murid yang Tuntas (%)	Kategori Keefektifan
36	0,94	Tinggi	100	Sangat Efektif

Peningkatan kompetensi literasi sains murid ditunjukkan oleh hasil post-test yang mengindikasikan peningkatan capaian indicator pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil Ketercapaian Indikator Kompetensi Literasi Sains

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

Temuan penelitian memperlihatkan bahwa capaian kompetensi literasi sains murid tidak lagi berada pada level yang menjadi permasalahan umum dalam pembelajaran, ditunjukkan oleh seluruh indikator yang berada di atas 90% dengan rata-rata 96,75% dalam kategori sangat baik. Pencapaian penuh pada indikator kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah serta mengonstruksi dan mengevaluasi desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah menunjukkan bahwa murid telah mampu mengintegrasikan konsep, melakukan analisis, dan menyusun kesimpulan berdasarkan data secara baik (Noor, 2021). Namun demikian, indikator yang berkaitan dengan kemampuan meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan tindakan memperoleh persentase 90,25%. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa pencapaian literasi sains pada aspek lainnya sudah tergolong sangat baik, tetapi keterampilan murid dalam menilai dan menggunakan informasi ilmiah untuk menentukan keputusan serta tindakan masih membutuhkan penguatan lebih lanjut (Kurup et al., 2021).

Tahap Disseminate

Tahap *disseminate* dilakukan setelah produk *flipbook* berbasis *Problem Based Learning* selesai dikembangkan. Secara keseluruhan, hasil uji kelayakan melalui penilaian ahli dan uji coba terbatas menunjukkan bahwa media layak digunakan dalam pembelajaran dan selaras dengan kebutuhan pembelajaran kontekstual yang menghubungkan konsep dengan situasi nyata yang dihadapi murid, khususnya pada submateri pencemaran lingkungan yang menuntut keterkaitan dengan masalah nyata dan aktivitas berbasis penyelidikan. Penerapan *flipbook* dalam pembelajaran menunjukkan kontribusi dalam meningkatkan partisipasi aktif murid sekaligus memperkuat kompetensi literasi sains murid. Oleh karena itu, produk dan hasil penelitian ini disajikan dalam bentuk artikel ilmiah sebagai bentuk diseminasi sehingga penggunaannya dapat dioptimalkan dalam pengembangan inovasi pembelajaran.

Pembahasan

Flipbook Flipbook berbasis *Problem Based Learning* (PBL) pada submateri pencemaran lingkungan merupakan media pembelajaran digital yang mengintegrasikan materi, permasalahan autentik, kegiatan penyelidikan, dan fitur interaktif untuk melatihkan kompetensi literasi sains murid. Media ini dikembangkan dengan alur PBL yang mengarahkan murid mulai dari memahami permasalahan, melakukan analisis dan penyelidikan, menginterpretasikan data, hingga merumuskan solusi berdasarkan bukti ilmiah. Fitur B-News, B-Sains, B-Analyze, dan B-Growth dirancang untuk mendukung tahapan tersebut sehingga *flipbook* berfungsi sebagai media penyampai materi sekaligus sebagai panduan aktivitas belajar.

Keunggulan lainnya terletak pada penggunaan video, ilustrasi, dan hyperlink yang membuat penyajian materi lebih interaktif dan kontekstual. *Flipbook* dapat diakses melalui HP maupun laptop dengan navigasi yang sederhana serta terintegrasi dengan *Google Docs, Google Form,* dan *YouTube*. Penyajian materi disusun secara runtut, menggunakan bahasa yang komunikatif, dan dilengkapi glosarium untuk membantu murid memahami istilah ilmiah. Selain itu, materi dikaitkan dengan permasalahan pencemaran yang dekat dengan kehidupan murid sehingga mendukung proses pembelajaran yang lebih bermakna. Kelayakan media memperoleh persentase validitas sebesar 99% berdasarkan penilaian ahli materi dan ahli pendidikan, yang menunjukkan bahwa aspek isi, penyajian, dan kebahasaan telah memenuhi kriteria kelayakan.

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

Penggunaan *flipbook* berbasis PBL menunjukkan dampak positif terhadap kompetensi literasi sains dan keterlibatan murid selama proses pembelajaran. Secara kuantitatif, skor rata-rata N-gain sebesar 0,94 termasuk kategori tinggi dan seluruh 36 murid mengalami peningkatan kompetensi literasi sains setelah mengikuti pembelajaran. Capaian indikator kompetensi literasi sains juga menunjukkan hasil yang tinggi, yaitu kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah sebesar 100%, kemampuan mengonstruksi dan mengevaluasi desain untuk penyelidikan ilmiah serta menginterpretasikan data dan bukti ilmiah sebesar 100%, dan kemampuan meneliti, mengevaluasi, dan menggunakan informasi ilmiah untuk pengambilan keputusan dan tindakan sebesar 90,25%.

Efektivitas media yang digunakan tidak semata-mata tercermin dari pencapaian tes, tetapi juga dapat diamati dari partisipasi aktif murid dalam proses pembelajaran. Murid terlibat dalam mengidentifikasi permasalahan pencemaran, mengemukakan pendapat melalui diskusi, menyusun hipotesis, melakukan penyelidikan, menginterpretasikan hasil pengamatan, serta merumuskan solusi berdasarkan bukti yang diperoleh. Partisipasi aktif murid mendukung prinsip konstruktivisme yang menjelaskan bahwa pengetahuan dikonstruksi oleh murid melalui pengalaman serta interaksi yang berlangsung dalam lingkungan pembelajaran (Asrinawati et al., 2025). Permasalahan autentik dan kegiatan penyelidikan yang terdapat dalam *flipbook* memberikan kesempatan kepada murid untuk mengonstruksi pemahaman melalui pengalaman langsung, bukan hanya menerima konsep secara pasif. Proses tersebut juga mendorong murid menghubungkan konsep pencemaran lingkungan dengan kondisi yang ditemukan di lingkungan sekitar dan mempertimbangkan tindakan yang dapat dilakukan berdasarkan informasi ilmiah (Baptista et al., 2025).

Kegiatan penyelidikan secara berkelompok juga dapat mendorong murid untuk mengajukan pertanyaan, mengevaluasi bukti, mempertimbangkan berbagai kemungkinan solusi, dan membangun pemahaman melalui interaksi dengan anggota kelompok (Gillies, 2023). Proses tersebut terlihat ketika murid berdiskusi dengan anggota kelompok, mengemukakan pendapat, melakukan pengamatan dan penyelidikan, menginterpretasikan hasil yang diperoleh, serta menghubungkan hasil tersebut dengan permasalahan pencemaran di lingkungan sekitar. Penggunaan media digital yang mengangkat permasalahan lingkungan juga dapat membantu menghubungkan materi pembelajaran yang dekat dengan pengalaman sehari-hari sehingga murid memperoleh kesempatan untuk memikirkan dampak suatu aktivitas terhadap lingkungan (Skains et al., 2022). Dengan demikian, dampak penggunaan media terlihat dari peningkatan hasil tes sekaligus dari keterlibatan murid selama pembelajaran, seperti keaktifan berdiskusi, melakukan penyelidikan, menggunakan bukti, dan merumuskan solusi.

Temuan penelitian ini sejalan dengan penelitian Simanjuntak et al. (2025) yang yang menerapkan *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan video guna mendukung peningkatan literasi sains dan keterampilan murid dalam memecahkan berbagai permasalahan. Penelitian tersebut menggunakan desain kuasi eksperimen dengan pretest-*posttest nonequivalent control group* dan menunjukkan bahwa penerapan PBL berbantuan video memberikan pengaruh yang signifikan terhadap literasi sains dan kemampuan pemecahan masalah, dengan peningkatan kemampuan yang lebih tinggi pada kelompok eksperimen dibandingkan kelompok kontrol. Hasil tersebut memiliki kesamaan dengan penelitian ini, yaitu penerapan PBL yang didukung media digital mendorong murid untuk memahami permasalahan, mencari informasi, melakukan penyelidikan, menganalisis informasi, dan menggunakan bukti dalam memperoleh solusi. Namun, perbedaan penelitian terdapat ada pada bentuk media yang digunakan. Penelitian

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

Simanjuntak & Manurung, (2025) berfokus pada video sebagai media pendukung PBL, sedangkan penelitian ini menggunakan *flipbook* digital untuk mendukung PBL pada materi pencemaran lingkungan dengan aktivitas yang diarahkan pada analisis permasalahan lingkungan dan penyusunan solusi untuk melatihkan kompetensi literasi sains. Selain video, *flipbook* dalam penelitian ini mengintegrasikan ilustrasi, hyperlink, serta fitur *B-News, B-Sains, B-Analyze*, dan *B-Growth* yang digunakan secara berurutan dalam kegiatan pembelajaran. Dengan demikian, hasil penelitian ini diperkuat oleh temuan Simanjuntak et al. (2025) bahwa integrasi PBL dengan media digital dapat mendukung keterlibatan murid dalam memahami fenomena dan menggunakan informasi selama proses pembelajaran, sekaligus menunjukkan penerapan yang berbeda melalui penggunaan *flipbook* digital dengan fitur yang terintegrasi pada materi pencemaran lingkungan.

Selain itu, Nainggolan et al. (2021) menerapkan *Problem Based Learning* (PBL) untuk melatih literasi sains murid dan menemukan bahwa pembelajaran yang berorientasi pada masalah dapat mendukung pemahaman materi dengan melibatkan murid dalam menghadapi permasalahan di kehidupan mereka dan mendorong murid untuk lebih aktif selama pembelajaran. Hal yang sama juga terlihat pada penelitian ini, karena murid terlibat dalam mengidentifikasi masalah pencemaran lingkungan, menyusun hipotesis, melakukan pengamatan, menganalisis hasil, dan membahas solusi berdasarkan bukti yang diperoleh. Kedua penelitian sama-sama menunjukkan bahwa penerapan PBL menempatkan murid sebagai peserta aktif dalam proses pembelajaran melalui kegiatan memahami masalah, mencari informasi, dan menggunakan pengetahuan untuk menyelesaikan permasalahan. Perbedaannya, penelitian tersebut menerapkan PBL pada materi *Bryophyta* untuk meningkatkan literasi sains murid, sedangkan penelitian ini menerapkan PBL pada materi pencemaran lingkungan dengan permasalahan yang berkaitan dengan kondisi lingkungan sekitar sekolah dan disajikan melalui *flipbook* digital.

Hasil penelitian ini juga dibandingkan dengan penelitian Kuswandi et al. (2025) yang menerapkan *Problem Based Learning* (PBL) berbantuan modul digital interaktif pada materi pencemaran lingkungan. Penelitian tersebut menggunakan desain kuasi eksperimen dan menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dalam kemampuan literasi sains antara kelompok eksperimen dan kontrol setelah penerapan PBL berbantuan modul digital. Hasil tersebut memiliki kesamaan dengan penelitian ini, yaitu penggunaan PBL yang didukung media digital dapat membantu murid memahami permasalahan lingkungan melalui kegiatan yang berorientasi pada masalah dan melibatkan murid secara aktif dalam proses pembelajaran. Namun, terdapat perbedaan pada bentuk media yang digunakan. Kuswandi et al. (2025) menggunakan modul digital interaktif, sedangkan penelitian ini menggunakan *flipbook* digital yang mengintegrasikan video, ilustrasi, hyperlink, serta fitur B-*News, B-Sains, B-Analyze*, dan *B-Growth*. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa penelitian ini tidak hanya memanfaatkan media digital sebagai sumber informasi, tetapi mengintegrasikan berbagai fitur dalam satu media untuk mendukung tahapan PBL mulai dari memahami masalah, melakukan penyelidikan, menganalisis informasi, hingga melakukan refleksi.

Liu dan Pásztor (2022) mengemukakan bahwa PBL secara umum mampu mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis murid. Pada penelitian ini, hal tersebut ditunjukkan melalui aktivitas murid ketika menganalisis permasalahan pencemaran, mengemukakan pendapat dalam diskusi, mempertimbangkan informasi yang diperoleh, serta menggunakan hasil penyelidikan sebagai dasar dalam menarik kesimpulan.

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

Murid juga tidak langsung menerima suatu informasi sebagai jawaban, tetapi diarahkan untuk memeriksa hasil pengamatan dan menghubungkannya dengan permasalahan yang sedang dikaji. Proses tersebut menunjukkan adanya keterlibatan murid dalam menganalisis informasi dan menggunakan bukti selama pembelajaran (Novak & Treagust, 2022).

Sejalan dengan penelitian oleh Lin dan Ardoin (2023) bahwa penggunaan media digital interaktif dapat membantu murid menghubungkan materi dengan aktivitas sehari-hari dan merefleksikan dampaknya terhadap lingkungan. Pada penelitian ini, hal tersebut terlihat ketika murid menghubungkan materi pencemaran air, tanah, dan udara dengan kondisi lingkungan di sekitar mereka serta mempertimbangkan tindakan yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak pencemaran.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan, *flipbook* berbasis *Problem Based Learning* pada submateri Pencemaran Lingkungan dinyatakan sangat valid dengan persentase 99%, sangat praktis berdasarkan respon murid (99,7%) dan observasi keterlaksanaan pembelajaran (99,3%), dan efektif dalam melatihkan kompetensi literasi sains murid yang ditunjukkan dengan skor N-gain sebesar 0,94 pada kategori tinggi serta rata rata ketercapaian indikator kompetensi literasi sains sebesar 96,75%. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa penggunaan *flipbook* yang dikembangkan mampu menjawab permasalahan rendahnya pemahaman konsep yang masih sering ditemukan dalam pembelajaran. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa produk yang dihasilkan layak diterapkan sebagai media pendukung dalam proses pembelajaran dan sekaligus berpotensi membantu murid dalam mengembangkan kemampuan berpikir ilmiah melalui proses belajar yang lebih aktif. Implikasi penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan *flipbook* berbasis *Problem Based Learning* dapat menjadi alternatif media pembelajaran biologi yang mendukung penerapan pembelajaran berpusat pada murid serta penguatan kompetensi literasi sains. Oleh karenanya, pemanfaatan *flipbook* menjadi penting karena berpotensi meningkatkan mutu dan efektivitas pembelajaran, terutama melalui penerapan tahapan *Problem Based Learning* yang tersusun secara sistematis.

AUTHOR DECLARATION

Author Contribution. VR berperan sebagai peneliti utama dan bertanggung jawab atas konseptualisasi, desain penelitian, pengembangan *flipbook* berbasis *Problem Based Learning*, penyusunan instrumen penelitian, pengumpulan data, analisis data, serta penyusunan draf awal manuskrip. FR berkontribusi melalui supervisi akademik, bimbingan mengenai desain penelitian dan kerangka teoretis, serta peninjauan kritis dan penyuntingan manuskrip. Kedua penulis telah meninjau dan menyetujui versi akhir manuskrip.

Funding. Penelitian ini didanai secara mandiri oleh para penulis. Tidak ada dukungan finansial yang diterima dari instansi pemerintah, lembaga swasta, maupun sponsor eksternal.

Conflict of Interest. Para penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan terkait pelaksanaan penelitian ini maupun publikasi artikel ini.

Declaration of AI and AI-assisted technologies in the writing process. Para penulis menyatakan bahwa perangkat berbantuan AI, termasuk ChatGPT, digunakan untuk

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

mendukung penyempurnaan bahasa, penerjemahan, dan perbaikan editorial pada sebagian manuskrip. Perangkat ini tidak digunakan untuk pengumpulan data, analisis data, maupun pembuatan temuan penelitian. Seluruh hasil yang dibantu oleh AI telah ditinjau, diverifikasi, dan direvisi oleh para penulis, yang bertanggung jawab penuh atas keakuratan dan integritas karya yang dipublikasikan. Mendeley juga digunakan untuk menyusun dan mengelola referensi.

DAFTAR REFERENSI

Adnan, A., Mulbar, U., Sugiarti, S., & Bahri, A. (2021). Scientific literacy skills of students: problem of biology teaching in junior high school in South Sulawesi, Indonesia. *International Journal of Instruction*, *14*(3), 847–860. https://doi.org/10.29333/iji.2021.14349a

Anggraena, Y., Felicia, N., Eprijum, D., Pratiwi, I., Utama, B., Alhapip, L., & Widiaswati, D. (2022). *Kajian akademik kurikulum untuk pemulihan pembelajaran*. Pusat Kurikulum dan Pembelajaran.

Annisa, D. P., Kaniawati, I., & Eliyawati, E. (2024). STEM ESD-based learning with "Arduino Uno-Based Trash Can" to improve students' critical thinking skills and sustainable awareness in learning environmental pollution. *Jurnal Penelitian Dan Pembelajaran IPA*, *10*(1), 115. https://doi.org/10.30870/jppi.v10i1.24008

Apriliyani, S. W., & Mulyatna, F. (2021). Flipbook E-LKPD dengan pendekatan etnomatematika pada materi Teorema Phytagoras. *Prosiding Seminar Nasional Sains*, *2*(1), 491–500. https://proceeding.unindra.ac.id/index.php/sinasis/article/view/5389

Asih, F., Poedjiastoeti, S., Lutfi, A., Novita, D., Ismono, I., & Purnamasari, A. (2022). The practicality and effectiveness of case study-based module on chemical thermodynamics course (ideal and real gases) as learning tool during the COVID-19 pandemic. *Journal of Technology and Science Education*, *12*(2), 466. https://doi.org/10.3926/jotse.1654

Asrinawati, A., Choirunisa, E. L. S., Al-Hafidz, N. N. K., Pamela, S. A., & Pusparini, F. (2025). Potensi pembelajaran aktif dengan metode kontruktivisme. *DIAJAR: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, *4*(3), 329–336. https://doi.org/10.54259/diajar.v4i3.2697

Astawan, I. G., Margunayasa, I. G., Jayanti, L. S. S. W., Fakhriyah, F., & Deng, J. (2025). The impact of problem-based learning on reducing science misconceptions and enhancing scientific literacy: integrating Balinese local wisdom and cognitive style. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, *14*(3), 522–535. https://doi.org/10.15294/jpii.v14i3.25083

Aumann, A., Schnebel, S., & Weitzel, H. (2024). Teaching biology lessons using digital technology: A contextualized mixed-methods study on pre-service biology teachers' enacted TPACK. *Education Sciences*, *14*(5), 538. https://doi.org/10.3390/educsci14050538

Ayerbe-López, J., & Perales-Palacios, F. J. (2023). Evaluating a secondary education urban ecology project within the framework of a problem-based learning methodology. *Education Sciences*, *13*(9), 915. https://doi.org/10.3390/educsci13090915

Azizah, M., & Purnomo, T. (2020). Validitas dan efektivitas LKS PBL pada materi

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

ekosistem untuk melatih keterampilan berpikir kritis. *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, *9*(1), 102–108. https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/bioedu/article/view/32317

Baptista, M., Pinho, A. S., & Alves, A. R. (2025). Students' learning for action through inquiry-based science education on a local environmental problem. *Sustainability*, *17*(9), 3907. https://doi.org/10.3390/su17093907

Carrió, M., Baños, J., & Rodríguez, G. (2022). Comparison of the effect of two hybrid models of problem-based learning implementation on the development of transversal and research skills and the learning experience. *Frontiers in Education*, *7*(June), 1–9. https://doi.org/10.3389/feduc.2022.875860

Fiordelli, M., Diviani, N., Farina, R., Pellicini, P., Ghirimoldi, A., & Rubinelli, S. (2023). Strengthening adolescents ' critical health literacy and scientific literacy to tackle mis- and dis-information . A feasibility study in Switzerland. *Front. Public Health*, *September*, 1–9. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1183838

Gillies, R. M. (2023). Using cooperative learning to enhance students' learning and engagement during inquiry-based science. *Education Sciences*, *13*(12), 1242. https://doi.org/10.3390/educsci13121242

Hasibuan, S. A., & Rahmadina, R. (2025). Development of PBL-based digital flipbook on human excretory system for SMA/MA students. *Inovasi Kurikulum*, *22*(3), 2021–2034. https://doi.org/10.64014/jik.v22i3.147

Hidayati, N. L., & Rachmadiarti, F. (2024). Pengembangan E-LKPD berbasis PBL sub materi pencemaran lingkungan untuk melatih keterampilan literasi sains siswa (mendukung SDGs poin 6 dan 13). *Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, *13*(3), 717–724. https://doi.org/10.26740/bioedu.v13n3.p717-724

Humairah, L. P., & Wahyuni, S. (2024). Pengembangan e-modul IPA berbasis flipbook digital untuk meningkatkan literasi sains siswa SMP. *Scholaria: Jurnal Pendidikan Dan Kebudayaan*, *14*(01), 26–34. https://doi.org/10.24246/j.js.2024.v14.i01.p26-34

Khoirotunnisa, A. U., Sa'adah, A. N. L., Murtiani, D., & Setyowati, S. Y. (2025). Kurikulum Merdeka sebagai upaya penguatan pendidikan Abad 21. *Prosiding Seminar Nasional Unit Kegiatan Mahasiswa Penalaran Dan Riset IKIP PGRI Bojonegoro*, *3*(2), 943–952. https://prosiding.ikippgribojonegoro.ac.id/index.php/SNGK/article/view/3897

Kurup, P. M., Levinson, R., & Li, X. (2021). Informed-decision regarding global warming and climate change among high school students in the United Kingdom. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, *21*(1), 166–185. https://doi.org/10.1007/s42330-020-00123-5

Kuswandi, N. F., Meriza, N., Dina Maulina, & Utami, G. N. (2025). Enhancing students' scientific literacy on environmental pollution through problem-based learning and interactive digital modules. *Tadris: Jurnal Keguruan Dan Ilmu Tarbiyah*, *10*(1), 39–49. https://doi.org/10.24042/tadris.v10i1.21343

Lin, V. J., & Ardoin, N. M. (2023). Connecting technologies and nature: Impact and opportunities for digital media use in the context of at-home family environmental learning. *The Journal of Environmental Education*, *54*(1), 72–83. https://doi.org/10.1080/00958964.2022.2152411

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

Liu, Y., & Pásztor, A. (2022). Effects of problem-based learning instructional intervention on critical thinking in higher education: A meta-analysis. *Thinking Skills and Creativity*, *45*(December 2021), 101069. https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101069

Mufidah, R., & Dwiningsih, K. (2024). Development of a problem-based learning-oriented interactive e-worksheet on chemical equilibrium to enhance students' scientific literacy skills. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, *9*(2), 370. https://doi.org/10.20961/jkpk.v9i2.89480

Nainggolan, V. A., Situmorang, R. P., & Hastuti, S. P. (2021). Learning Bryophyta: Improving students' scientific literacy through problem-based learning. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, *7*(1), 71–82. https://doi.org/10.22219/jpbi.v7i1.15220

Natsir, S. Z. M., Rubini, B., Ardianto, D., & Karimatunnisa, K. (2024). Elevating Gen-Z's scientific literacy through interactive learning multimedia. *JPPSD: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, *4*(2), 200. https://doi.org/10.26858/jppsd.v4i2.68634

Noor, M. S. A. M. (2021). Assessing secondary students' scientific literacy: A comparative study of suburban schools in England and Malaysia. *Science Education International*, *32*(4), 343–352. https://www.icaseonline.net/journal/index.php/sei/article/view/335

Novak, A. M., & Treagust, D. F. (2022). Supporting the development of scientific understanding when constructing an evolving explanation. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, *4*(1), 3. https://doi.org/10.1186/s43031-021-00043-w

OECD. (2023). Programme for International Student Assessment (PISA) 2022 assessment and analytical framework. In *Organisation for Economic Co-operation and Development*.

Popandopulo, A., Kudysheva, A., Fominykh, N., Nurgaliyeva, M., & Kudarova, N. (2023). Assessment of students' metacognitive skills in the context of education 4.0. *Frontiers in Education*, *8*(June), 1–9. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1182377

Pozuelo-Muñoz, J., Calvo-Zueco, E., Sánchez-Sánchez, E., & Cascarosa-Salillas, E. (2023). Science skills development through problem-based learning in secondary education. *Education Sciences*, *13*(11), 1096. https://doi.org/10.3390/educsci13111096

Ramnarain, U., Ncube, R., & Teo, T. (2023). South African Life Sciences teachers' pedagogical beliefs and their influence on information communication and technology integration. *Frontiers in Education*, *8*(September), 1–11. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1217826

Rap, S., Blonder, R., Sindiani-Bsoul, A., & Rosenfeld, S. (2022). Curriculum development for student agency on sustainability issues: An exploratory study. *Frontiers in Education*, *7*(October), 1–17. https://doi.org/10.3389/feduc.2022.871102

Riyanti, H., Sopandi, W., & Mulyadi, D. (2026). Innovating higher education pedagogy : integrating RADEC learning model and virtual laboratory to promote pre- service elementary teachers ' conceptual change. *Front. Educ*, *11*(April), 1–

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)

17. https://doi.org/10.3389/feduc.2026.1801268

Rokhayati, I. T., Prasasti, P. A. T., Maruti, E. S., & Irawan, N. (2022). Quality of e-book teaching materials with scientific inquiry approach in strengthening science literacy for elementary school students. *IJECA (International Journal of Education and Curriculum Application)*, *5*(3), 235. https://doi.org/10.31764/ijeca.v5i3.10252

Simanjuntak, M. P., Manurung, G. A., Simatupang, H., & Hardinata, A. (2025). The effect of problem-based learning assisted by video on student's scientific literacy and problem-solving ability in eight-grade of junior high school. *International Journal of Information and Education Technology*, *15*(12), 2637–2652. https://doi.org/10.18178/ijiet.2025.15.12.2460

Siregar, R. V., Lubis, P. K. D., Azkiah, F., & Putri, A. (2024). Peran penting pendidikan dalam pembentukan sumber daya manusia cerdas di era digitalisasi menuju smart society 5.0. *IJEDR: Indonesian Journal of Education and Development Research*, *2*(2), 1408–1418. https://doi.org/10.57235/ijedr.v2i2.2621

Skains, R. L., Rudd, J. A., Horry, R., & Ross, H. (2022). Playing for change: Teens' attitudes towards climate change action as expressed through interactive digital narrative play. *Frontiers in Communication*, *6*(January), 1–10. https://doi.org/10.3389/fcomm.2021.789824

Sugiyono, S. (2022). *Metode penelitian kuantitatif kualitatif dan R&D*. Alfabeta.

Utami, S. H. A., Marwoto, P., & Sumarni, W. (2022). Analisis kemampuan literasi sains pada siswa sekolah dasar ditinjau dari aspek konten, proses, dan konteks sains. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, *10*(2), 380–390. https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i2.23802

Vonti, L. H., Indriyani, Ganeswara, M. G., Rahmah, M., & Rosyid, A. (2024). Bilingual e-magazine: The development of digital teaching resource on students' literacy of environmental pollution. *Journal of Education Technology*, *8*(1), 52–62. https://doi.org/10.23887/jet.v8i1.68115

Widharnati, W., Retnowati, R., Permana, I., & Eilks, I. (2022). Webbed type of integrated science learning on the theme of environmental pollution to improve students' scientific literacy. *Journal of Science Education and Practice*, *6*(2), 77–94. https://doi.org/10.33751/jsep.v6i2.5847

Wijayanti, R. N., & Isnawati, I. (2023). Pengembangan media pembelajaran berbasis flipbook interaktif pada materi sistem saraf manusia untuk meningkatkan motivasi belajar siswa kelas XI SMA. *Bioedu Berkala Ilmiah Pendidikan Biologi*, *12*(2), 298–310. https://doi.org/10.26740/bioedu.v12n2.p298-310

Yoto, Y., Marsono, M., Suyetno, A., Mawangi, P. A. N., Romadin, A., & Paryono, P. (2024). The role of industry to unlock the potential of the Merdeka curriculum for vocational school. *Cogent Education*, *11*(1), 1–25. https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2335820

Copyright © 2026; Author(s); ISSN 2581-1835 (online) | 2581-1843 (print)