

Systematic Literature Review: Integrasi Problem-Based Learning (PBL) Berbasis STEM dengan Media Digital Interaktif untuk Peningkatan Kemampuan Pemecahan Masalah Ekologi

Fitri Nur Rahmawati* dan Diana Vivanti Sigit

Magister Pendidikan Biologi, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta, Jakarta, Indonesia.

*Corresponding author: fitrirahma236@gmail.com

ABSTRAK

Teknologi digital yang terus berkembang berkontribusi secara nyata pada pendidikan, khususnya dalam kegiatan belajar biologi. Model *Problem-Based Learning* (PBL) dipadukan dengan pendekatan STEM menjadi salah satu strategi inovatif untuk mengembangkan keterampilan abad ke-21, terutama kemampuan pemecahan masalah. Literatur menunjukkan bahwa media digital interaktif, seperti e-modul, *flipbook*, *virtual laboratory*, hingga platform evaluasi daring, mampu meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan pemahaman konsep siswa pada materi ekologi. Kajian literatur ini bertujuan untuk menganalisis kontribusi media digital dan platform interaktif berbasis PBL-STEM dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah pada pembelajaran. Kajian ini menerapkan metode *systematic literature review* dengan menelaah artikel nasional maupun internasional relevan dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir. Proses analisis melalui identifikasi artikel, penyaringan, penilaian kualitas, dan sintesis data. Analisis data menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif membandingkan skor pretest-posttest, menghitung nilai *N-Gain*, serta mengkaji validitas dan reliabilitas instrumen dari studi yang direview. Hasil telaah menunjukkan integrasi media digital dengan PBL-STEM tidak hanya mendukung pencapaian kognitif berupa penguasaan konsep ekologi, tetapi juga melatih keterampilan berpikir kritis, kolaboratif, dan pengambilan keputusan kontekstual dengan isu lingkungan. Proses seleksi menghasilkan 23 artikel, dengan 5 artikel yang lolos kriteria inklusi untuk kemudian dilakukan analisis mendalam. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan media digital berbasis PBL-STEM memberikan peningkatan skor rata-rata pretest siswa sebesar 45,2 menjadi 81,6 pada posttest, dengan nilai *N-gain* rata-rata 0,71 (kategori tinggi). Selain itu, instrumen yang dikembangkan memiliki validitas isi rata-rata 3,7 (kategori valid) dan reliabilitas 0,82 (kategori reliabel). Pemanfaatan media digital berbasis PBL-STEM sebagai strategi potensial untuk mengoptimalkan pembelajaran ekosistem serta menyiapkan generasi adaptif terhadap tantangan abad ke-21.

Kata Kunci: *Media digital, PBL-STEM, ekosistem, pemecahan masalah*

Pendahuluan

Proses pembelajaran biologi menuntut siswa untuk memahami fenomena alam melalui konsep-konsep ilmiah yang terintegrasi dengan kehidupan nyata. Materi ekosistem merupakan salah satu topik penting dalam biologi SMP karena memberikan pemahaman tentang hubungan antarorganisme dan lingkungannya. Pemahaman ini berperan dalam membentuk literasi ekologi dan sikap peduli lingkungan pada peserta didik (Usman dkk., 2023). Namun, dalam praktiknya banyak siswa mengalami kesulitan memahami konsep

abstrak seperti aliran energi dan interaksi ekosistem, sehingga diperlukan inovasi pembelajaran yang dapat memvisualisasikan konsep sekaligus melatih keterampilan berpikir tingkat tinggi.

Perkembangan Revolusi Industri 4.0 dan Society 5.0 menjadikan integrasi teknologi digital dalam dunia pendidikan sebagai tuntutan yang mendesak. Media digital interaktif seperti e-modul, *flipbook*, dan *virtual laboratory* memungkinkan siswa untuk mengalami simulasi dan eksplorasi konsep yang sulit dilakukan secara langsung (Fior dkk., 2024). Media yang digunakan tidak hanya berperan dalam menumbuhkan motivasi, tetapi juga membantu mengembangkan kemampuan belajar mandiri serta kolaboratif, yang merupakan bagian dari kompetensi abad ke-21 (Capobianco dkk., 2020).

Penerapan model pembelajaran *Problem-Based Learning* (PBL) efektif untuk meningkatkan kemampuan pemecahan masalah karena menekankan eksplorasi masalah nyata, diskusi kelompok, dan refleksi (Hmelo-Silver, 2017). Jika diintegrasikan dengan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), PBL memberikan pengalaman belajar yang lebih aplikatif. STEM membantu siswa mengaitkan sains dengan teknologi digital, merancang solusi berbasis rekayasa, serta menggunakan keterampilan matematis untuk menganalisis data ekologi (Bybee, 2013; Ayu dkk., 2022).

Sobach dkk. (2022) melaporkan bahwa penggunaan modul digital interaktif berbasis PBL meningkatkan literasi ilmiah siswa SMP dengan kategori *N-Gain* sedang-tinggi. Studi oleh Olsson dkk., (2020) menunjukkan bahwa pendidikan berkelanjutan berbasis teknologi digital meningkatkan kesadaran keberlanjutan dan sikap peduli lingkungan siswa. Temuan ini memperkuat bahwa media digital interaktif memiliki peran strategis dalam menumbuhkan literasi ekologi sekaligus kemampuan pemecahan masalah. Meskipun demikian, Indonesia memperoleh skor literasi 396 berdasarkan hasil PISA 2018, masih jauh di bawah rata-rata OECD yaitu 489 (OECD, 2019). Data ini mencerminkan rendahnya kemampuan pemecahan masalah siswa Indonesia, terutama dalam konteks sains dan lingkungan. Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara tuntutan kurikulum yang menekankan keterampilan berpikir tingkat tinggi dengan capaian siswa di lapangan.

Celah penelitian yang muncul adalah masih terbatasnya kajian literatur yang secara komprehensif mengulas integrasi media digital interaktif dengan PBL-STEM pada pembelajaran ekosistem. Sebagian besar studi hanya membahas efektivitas PBL, STEM, atau media digital secara terpisah. Padahal, penggabungan ketiganya berpotensi menghadirkan strategi pembelajaran yang lebih inovatif, relevan, dan adaptif dengan kebutuhan siswa abad ke-21 (Afnan dkk., 2023). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menelaah secara sistematis kontribusi media digital interaktif berbasis PBL-STEM, upaya ini

bertujuan untuk meningkatkan kemampuan siswa dalam memecahkan masalah pada materi ekosistem. Penelitian ini diharapkan memberikan manfaat teoretis berupa penguatan literatur tentang model pembelajaran biologi modern, serta manfaat praktis berupa rujukan bagi guru dalam merancang pembelajaran yang mampu meningkatkan literasi ekologi sekaligus problem solving siswa.

Metode

Systematic Literature Review (SLR) dipilih sebagai metode dalam penelitian ini untuk menelaah berbagai publikasi ilmiah terkait integrasi media digital interaktif berbasis *Problem-Based Learning* (PBL) berbasis STEM dalam pembelajaran ekosistem. Metode SLR dipilih karena memungkinkan peneliti menyintesis hasil penelitian yang sudah ada secara sistematis, transparan, dan replikatif (Snyder, 2019). Penelitian ini menerapkan SLR dengan mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA 2020), meliputi tahapan identifikasi, penyaringan, kelayakan, dan inklusi artikel (Page dkk., 2021). Rincian kriteria inklusi dan eksklusi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Inklusi dan Eksklusi Artikel

Aspek	Kriteria Inklusi	Kriteria Eksklusi
Jenis Publikasi	Artikel jurnal nasional/Internasional yang terindeks dan <i>peer-reviewed</i>	Artikel <i>non-peer-reviewed</i> , skripsi, tesis, disertasi, buku teks, atau laporan
Bahasa	Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris	Bahasa selain Indonesia/Inggris
Subjek Penelitian	Siswa SMP atau SMA	Subjek mahasiswa, guru, atau masyarakat umum
Topik	Integrasi media digital interaktif berbasis PBL-STEM pada materi ekosistem/ekologi	Topik di luar PBL-STEM atau tidak terkait ekosistem/ekologi
Hasil Penelitian	Melaporkan capaian hasil belajar (<i>pre-post</i> , literasi ekologi, <i>problem solving</i>)	Tidak menampilkan data capaian hasil belajar
Tahun Publikasi	2014-2024	Publikasi sebelum 2014

Data hasil seleksi artikel dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif. Analisis dilakukan dengan membandingkan skor *pretest-posttest*, menghitung nilai *N-Gain*, serta meninjau validitas dan reliabilitas instrumen dari artikel yang direview. Tahapan ini mengikuti standar pelaporan PRISMA 2020 (Page dkk., 2021) untuk memastikan transparansi dan kualitas sintesis data.

Hasil dan Pembahasan

Proses SLR menghasilkan 23 artikel yang teridentifikasi dari berbagai basis data. Setelah dilakukan penyaringan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi, hanya 5 artikel yang layak dianalisis lebih lanjut. Artikel-artikel tersebut fokus pada penerapan media digital interaktif

berbasis PBL-STEM dalam pembelajaran ekosistem dan sains di tingkat SMP. Ringkasan artikel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Identifikasi Integrasi Model Pembelajaran PBL-STEM dalam meningkatkan kemampuan pemecahan masalah ekologi.

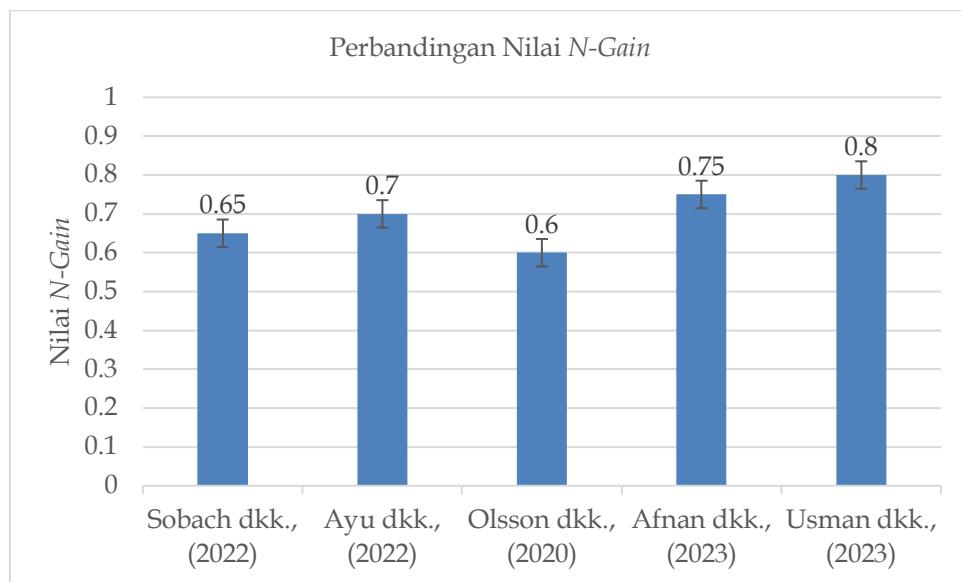
No	Penulis	Jenis Media Digital	Model & Pendekatan	Materi/Fokus	Hasil Penelitian
1	Sobach, Marpaung, Maulina, & Yolidia (2022)	Modul digital interaktif	PBL berbasis STEM	Bioteknologi (SMP)	Peningkatan literasi ilmiah siswa dengan <i>N-Gain</i> kategori sedang-tinggi.
2	Ayu & Rosana (2022)	E-modul interaktif	PBL-STEM	Pemanasan global	Meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreativitas siswa (efek sedang).
3	Olsson, Gericke, & Rundgren (2020)	Platform digital pendidikan berkelanjutan	PBL & ESD (<i>Education for Sustainable Development</i>)	Ekosistem & keberlanjutan	Peningkatan kesadaran ekologis dan sikap peduli lingkungan siswa.
4	Afnan, Suprapto, & Mahfudz (2023)	E-learning berbasis STEM	STEM-PBL	IPA SMP (ekologi)	Mendukung keterampilan <i>problem solving</i> dan kolaborasi siswa.
5	Usman, Sari, & Nurjannah (2023)	Media digital berbasis survei online	PBL-STEM	Ekologi sekolah	Literasi ekologi siswa meningkat; adanya perbedaan signifikan antar kelompok.

Analisis hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan media digital berbasis PBL-STEM memberikan dampak positif terhadap capaian belajar siswa. Dari lima artikel yang dianalisis, terdapat peningkatan skor rata-rata pretest sebesar 45,2 menjadi 81,6 pada *posttest*. Nilai rata-rata *N-Gain* sebesar 0,71 dan termasuk dalam kategori tinggi. Hasil ini menunjukkan efektivitas media digital interaktif dalam mendukung pembelajaran berbasis masalah pada materi ekosistem. Visualisasi perbandingan nilai *N-Gain* antar artikel dapat dilihat pada Gambar 1.

Media digital interaktif terbukti dapat membantu siswa memahami konsep abstrak seperti rantai makanan, aliran energi, dan interaksi ekosistem. Sobach dkk., (2022) melaporkan bahwa penggunaan modul digital interaktif meningkatkan literasi ilmiah dengan kategori *N-Gain* sedang-tinggi. Hal ini diperkuat oleh Fior dkk., (2024) yang menunjukkan bahwa teknologi digital mendorong keterlibatan aktif siswa dalam pembelajaran STEM.

Model PBL memberikan kerangka pembelajaran berbasis masalah nyata, sementara STEM menekankan keterpaduan antar disiplin ilmu. Penelitian Ayu dkk., (2022) menunjukkan bahwa e-modul PBL-STEM dapat meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreativitas siswa pada materi pemanasan global. Hal ini sejalan dengan Bybee (2013) yang

menekankan bahwa integrasi STEM mendukung siswa untuk menghubungkan teori dengan aplikasi nyata.



Gambar 1. Perbandingan nilai *N-Gain* terkait implementasi media digital interaktif berbasis PBL-STEM.

Berdasarkan Gambar 2, artikel dengan nilai *N-Gain* tertinggi adalah Usman dkk., (2023) sebesar 0,80 (kategori tinggi), yang menunjukkan keberhasilan media digital dalam meningkatkan literasi ekologi siswa. Sebaliknya, nilai terendah diperoleh pada penelitian Olsson dkk., (2020) sebesar 0,60 (kategori sedang), meskipun tetap menunjukkan peningkatan signifikan kesadaran ekologis siswa. Variasi hasil ini dapat dipengaruhi oleh jenis media digital, perbedaan subjek penelitian, dan desain instruksional yang digunakan.

Integrasi media digital interaktif berbasis PBL-STEM mendukung tercapainya keterampilan abad ke-21, terutama kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, dan pemecahan masalah. Temuan ini juga berkontribusi terhadap pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDG 4: pendidikan berkualitas dan SDG 15: pelestarian ekosistem). Capobianco dkk., (2020) menegaskan bahwa inovasi pembelajaran berbasis STEM memberikan dampak jangka panjang pada kualitas proses belajar mengajar. Dengan demikian, guru biologi disarankan untuk mengintegrasikan media digital dalam pembelajaran ekosistem agar siswa lebih adaptif terhadap tantangan global.

Kesimpulan

Kajian literatur menunjukkan bahwa integrasi media digital interaktif dengan model PBL-STEM berperan meningkatkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah pada

materi ekosistem. Media digital interaktif terbukti memudahkan siswa memahami konsep abstrak ekologi, melatih keterampilan berpikir kritis, serta menumbuhkan kolaborasi dalam pembelajaran. Analisis data dari artikel yang direview memperlihatkan adanya peningkatan skor rata-rata hasil belajar yang diperoleh dari nilai N-Gain dengan kategori tinggi, yang berarti efektivitas strategi ini cukup signifikan. Dengan demikian, penerapan media digital interaktif berbasis PBL-STEM dapat menjadi alternatif strategi pembelajaran biologi yang inovatif, relevan, dan adaptif terhadap kebutuhan pendidikan abad ke-21.

Daftar Pustaka

- Afnan, A., Suprapto, N., & Mahfudz, A. (2020). The effectiveness of STEM-based learning on problem solving skills in science education. *Journal of Physics: Conference Series*. 1567, 032038.
- Afnan, A., Suprapto, N., & Mahfudz, A. (2023). STEM-based learning innovation in science education. *Jurnal Pendidikan Sains (JPS)*. 11(2): 155–166.
- Ayu, S. B., & Rosana, D. (2022). Development of PBL STEM-based science learning e-module to increase critical thinking and creativity in global warming materials. *International Journal of Science and Mathematics Education*. 20(6): 1127–1144.
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. Arlington, VA: NSTA Press.
- Capobianco, B. M., Nyquist, C., & Tyrie, N. (2020). Supporting elementary teachers' STEM professional development: A longitudinal analysis of teacher and student outcomes. *International Journal of STEM Education*. 7(1): 1–15.
- Fior, G., Fonda, C., & Canessa, E. (2024). Hands-on STEM learning experiences using digital technologies. *arXiv preprint*.
- Hmelo-Silver, C. E. (2017). Problem-based learning: What and how do students learn? *Educational Psychology Review*. 30(2): 1–18.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results: Combined executive summaries*. OECD Publishing.
- Olsson, D., Gericke, N., & Rundgren, S. N. C. (2020). The effect of implementation of education for sustainable development in Swedish compulsory schools: Assessing pupils' sustainability consciousness. *Environmental Education Research*. 26(2): 1–24.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 372, n71.
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*. 104: 333–339.
- Sobach, N. V., Marpaung, R. R. T., Maulina, D., & Yolida, B. (2022). The effect of project-based learning model assisted by interactive digital modules on scientific literacy in biotechnology topic in 9th grade of junior high school. *Assimilation: Indonesian Journal of Biology Education*. 5(2): 100–110.
- Usman, U., Sari, R. F., & Nurjannah, N. (2023). Ecological literacy of junior high school students in Indonesia: A comparative study. *Journal of Biological Education Research*. 5(1): 45–56.