

INTEGRASI PROJECT BASED LEARNING (PJBL) DAN PENDEKATAN STEM DALAM PEMBELAJARAN BIOLOGI: KAJIAN LITERATUR

Eka Fitriasaki ^{1*}

Melviana Dwi Juliyanti ²

Jum Azizah ³

Diana Yustika ⁴

Syifa Fitriannisa ⁵

Annisa Mujhiyaningsih ⁶

Usman ⁷

^{1,2,3,4,5,6,7} Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

E-mail : ¹2224220093@untirta.ac.id, ²2224220092@untirta.ac.id, ³2224220058@untirta.ac.id,
⁴2224220055@untirta.ac.id, ⁵2224220064@untirta.ac.id, ⁶2224220012@untirta.ac.id,
⁷usman@untirta.ac.id

History Article

Received: Juni, 2025

Approved: Juli, 2025

Published: September, 2025

Keywords:

Integration, 21st century skills, biology learning, Project-based Learning, STEM approach

Abstract

This study aims to analyze the effectiveness of integrating Project-Based Learning (PjBL) and the STEM approach in biology education. A systematic and descriptive literature review was conducted on articles published from 2016 to 2024 obtained from Google Scholar, SINTA, and Scopus. Articles were selected based on the relevance of the title, abstract, and content. The analyzed data included learning design, integration strategies, educational level, and learning outcomes. Thematic narrative analysis was used. The results from ten reviewed articles indicate that PjBL-STEM integration enhances critical thinking, creativity, problem-solving, and biology concept mastery. It also fosters students' collaboration, responsibility, and communication. However, challenges such as teacher readiness and limited resources were found. Teacher training and adequate support are necessary to optimize its implementation.

How to Cite

Fitriasaki, E., Juliyanti, M.D., Azizah, J., Yustika, D., Fitriannisa, S., Mujhiyaningsih, A & Usman. 2025. *Integrasi Project Based Learning (PJBL) Dan Pendekatan Stem Dalam Pembelajaran Biologi: Kajian Literatur*. Vol. 6 No. 3 PP 40-53.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dan globalisasi di abad ke-21 telah mengubah paradigma dunia pendidikan. Kini, selain kemampuan akademik, sumber daya manusia juga dituntut untuk memiliki keterampilan abad 21 seperti berpikir kritis, berpikir kreatif, komunikasi efektif, serta kolaborasi (4C). Kurikulum sebagai pondasi sistem pendidikan perlu terus diperbarui agar dapat menjawab tantangan tersebut dengan menekankan aspek kognitif, literasi digital, pembentukan karakter, serta keterampilan hidup. Seiring pergeseran pendekatan pembelajaran dari berpusat pada guru ke berpusat pada siswa, peran guru mengalami transformasi dari sekadar penyampai informasi menjadi fasilitator, inovator, dan pendorong terciptanya proses belajar yang aktif serta bermakna (Abdillah & Tasman, 2021).

Salah satu strategi pembelajaran yang dinilai relevan dalam memenuhi tuntutan pendidikan abad 21 adalah integrasi antara model Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project-Based Learning/PjBL*) dengan pendekatan STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Model PjBL memungkinkan siswa terlibat secara langsung dalam proyek-proyek yang relevan dengan situasi kehidupan nyata, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih relevan dengan konteks dan memiliki makna yang lebih dalam. Menurut Sitorus dkk (2025) Dalam penerapan pembelajaran berbasis proyek pada mata pelajaran Biologi, materi pemantik memiliki peranan penting dalam membangkitkan ketertarikan siswa. Materi tersebut berfungsi sebagai rangsangan awal yang tidak hanya mampu menarik perhatian, tetapi juga mendorong siswa untuk berpikir kritis dan kreatif. Sementara itu, pendekatan STEM mendorong penggabungan berbagai disiplin ilmu untuk memahami dan memecahkan masalah secara holistik. Kombinasi kedua pendekatan ini berpotensi meningkatkan kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, kreativitas, serta kerja sama

siswa (Jatmika dkk., 2020; Wijayanti, 2024).

Dalam penerapannya, pembelajaran berbasis PjBL-STEM membantu siswa untuk mengembangkan keterampilan proses sains, seperti merancang eksperimen, menafsirkan data, hingga mengkomunikasikan hasil temuan. Selain itu, pendekatan ini mendorong siswa untuk berpikir sistematis dan inovatif dalam menghadapi permasalahan dunia nyata. Namun demikian, pelaksanaan PjBL-STEM masih menghadapi beberapa tantangan, seperti keterbatasan sarana dan prasarana, kurangnya motivasi siswa pada proyek yang panjang, serta belum optimalnya kesiapan guru dalam menerapkan strategi pembelajaran inovatif ini (Sartika dkk., 2025).

Sebagai salah satu bidang studi yang erat dengan fenomena alam dan kehidupan sehari-hari, Biologi menjadi disiplin ilmu yang sangat potensial untuk dikembangkan melalui pendekatan PjBL-STEM. Biologi mempelajari segala aspek kehidupan, mulai dari makhluk mikroskopis hingga ekosistem kompleks, serta hubungan antar organisme dan lingkungannya (Puspitasari dkk., 2024). Pembelajaran biologi yang berorientasi pada konsep dan proses sains akan semakin bermakna jika dilakukan melalui praktikum dan proyek nyata yang melibatkan keterampilan analitis, induktif, dan deduktif (Putri dkk., 2021).

Oleh karena itu, dilakukan studi literatur dari berbagai referensi untuk mengetahui keefektifan integrasi PjBL dan pendekatan STEM dalam pembelajaran Biologi guna meningkatkan keterampilan abad 21, serta mengidentifikasi manfaat, tantangan, dan peran guru dalam implementasinya. Artikel ini bertujuan untuk menjelaskan konsep, karakteristik, dan prinsip dasar PjBL-STEM, mendeskripsikan integrasinya dalam pembelajaran Biologi, serta memberikan gambaran konkrit

tentang implementasi dan dampaknya dalam meningkatkan mutu pendidikan.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan studi literatur (*literature review*) yang bersifat sistematis dan deskriptif, bertujuan untuk menelaah dan mensintesis temuan-temuan terkait implementasi *Project-Based Learning* (PjBL) pada kurikulum yang terintegrasi dengan pendekatan STEM khususnya dalam pembelajaran biologi. Data dikumpulkan dari berbagai sumber sekunder seperti artikel ilmiah dan jurnal nasional ataupun referensi yang relevan, dengan kriteria sebagai berikut: 1) Dipublikasikan pada rentang waktu 9 tahun terakhir (2016 - 2024), 2) Mengulas model PjBL, integrasi STEM, atau kombinasi keduanya dalam konteks kurikulum sekolah menengah dan dalam pembelajaran biologi, 3) Menyajikan data empiris maupun kajian teoretis yang lengkap.

Tahapan-tahapan dalam menganalisis berbagai sumber, yaitu: 1) **Identifikasi**: pencarian sumber dilakukan melalui basis data (misalnya Google Scholar, Sinta, Scopus) dengan kata kunci seperti "PjBL", "STEM", "PjBL-STEM", "PJBL-STEM pembelajaran biologi", 2) **Seleksi**: menyaring berdasarkan judul dan abstrak, kemudian *full-text screening* untuk memastikan kesesuaian dengan kriteria inklusi, 3) **Ekstraksi data**: mencatat aspek penting dari tiap studi, yakni desain PjBL, cara integrasi STEM, populasi atau jenjang pendidikan, serta hasil (seperti peningkatan berpikir kritis, kreativitas, atau keterampilan abad 21), 4) **Analisis dan sintesis**: data disusun secara naratif dan tematis, menyoroti pola-pola utama seperti kesesuaian sintaks PjBL dengan langkah-langkah pembelajaran STEM (perencanaan, pelaksanaan, evaluasi) dan dampaknya terhadap hasil belajar serta kemampuan berpikir tingkat tinggi.

Dengan demikian, metode ini memungkinkan peneliti untuk menyajikan gambaran komprehensif mengenai bagaimana kurikulum PjBL-STEM telah dikembangkan, diimplementasikan, dan

dinilai efektif di beragam konteks pendidikan dalam pembelajaran biologi.

Studi ini diarahkan untuk menjawab pertanyaan penelitian berikut: (1) bagaimana karakteristik dan prinsip dasar integrasi model *Project Based Learning* (PjBL) dan pendekatan STEM dalam pembelajaran biologi; (2) bagaimana bentuk implementasinya dalam berbagai jenjang dan konteks pendidikan; (3) apa saja dampak integrasi tersebut terhadap keterampilan abad ke-21 siswa, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan penguasaan konsep; serta (4) tantangan apa yang dihadapi dalam implementasi integrasi tersebut dan bagaimana peran guru dalam mengatasinya.

HASIL

Berdasarkan kajian terhadap sepuluh artikel penelitian, ditemukan bahwa integrasi model *Project Based Learning* (PjBL) dan pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) dalam pembelajaran biologi menunjukkan dampak yang signifikan terhadap peningkatan keterampilan abad ke-21 siswa. Dalam sepuluh artikel tersebut dijelaskan peningkatan keterampilan abad 21 meliputi peningkatan keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif, kemampuan pemecahan masalah, penguasaan konsep, serta partisipasi aktif dalam kegiatan pembelajaran. Selain itu, beberapa penelitian juga menunjukkan pengaruh positif terhadap aspek afektif dan keterampilan sosial seperti kerja sama dan tanggung jawab.

Tabel 1. Kajian Literatur Integrasi PjBL dan STEM dalam Pembelajaran Biologi

No	Penulis (Tahun)	Karakteristik & Prinsip Integrasi PjBL-STEM	Bentuk Implementasi dalam Pembelajaran Biologi	Keterampilan Abad 21 yang Ditingkatkan	Hasil Penelitian
1.	Afifah dkk. (2019)	PjBL-STEM digunakan untuk pembelajaran kontekstual melalui eksplorasi ekosistem.	Proyek berbasis STEM pada materi ekosistem di SMA.	Berpikir kritis & penguasaan konsep.	Penguasaan konsep meningkat (kategori sedang), berpikir kritis mencapai kategori tinggi.
2.	Anggreini dkk. (2024)	Integrasi PjBL dengan pembelajaran berdiferensiasi sesuai karakteristik siswa.	Proyek biologi dirancang berdasarkan gaya belajar siswa.	Kreativitas (fluency & flexibility).	Fluency meningkat dari 65,34% kategori sedang ke 88,52% dengan kategori tinggi, flexibility dari 73,21% kategori sedang ke 91,26% dengan kategori tinggi.
3.	Astuti dkk. (2019)	Mengintegrasikan disiplin ilmu Science, Technology, Engineering, and Mathematics, fokus pada pemecahan masalah dunia nyata dan masalah otentik, melibatkan proses perancangan dan redesign (engineering design process), menghasilkan produk nyata melalui kegiatan proyek, dan membuat konsep abstrak menjadi nyata dan mudah diingat. Prinsip dasar yang terdapat pada artikel ini adalah sains membutuhkan matematika untuk pengolahan data, teknologi dan teknik merupakan aplikasi dari sains, proses pembelajaran berpusat pada siswa (student-centered), mengembangkan literasi sains dan teknologi, meningkatkan kompetensi untuk menghadapi permasalahan sehari-hari.	Terdapat beberapa bentuk, yaitu : (1) Discovery: Penemuan konsep melalui observasi gambar/foto interaksi antar organisme. (2) Perancangan: Perencanaan proyek miniatur ekosistem secara berkelompok. (3) Pembuatan: Membuat produk miniatur ekosistem dengan mempertimbangkan komponen biotik dan abiotik. (4) Uji Coba: Mengamati dan mengevaluasi kinerja miniatur ekosistem. (5) Refleksi: Mendiskusikan hasil dan menyempurnakan produk.	Berpikir kritis, komunikasi, kolaborasi, dan kreativitas.	Berdasarkan data penelitian dan analisis data dapat disimpulkan bahwa model Project Based Learning (PjBL) terintegrasi STEM dapat meningkatkan penguasaan konsep siswa pada materi Ekosistem dengan kategori tinggi, dan dapat meningkatkan aktivitas siswa dalam kategori sangat aktif.

No	Penulis (Tahun)	Karakteristik & Prinsip Integrasi Dasar PjBL- STEM	Bentuk Implementasi dalam Pembelajaran Biologi	Keterampilan Abad 21 yang Ditingkatkan	Hasil Penelitian
4.	Baran dkk. (2021)	<p>Mengintegrasikan disiplin ilmu Science, Technology, Engineering, and Mathematics, berbasis pada masalah dunia nyata dan isu sosio-ilmiah (socio-scientific issues), melibatkan proses perancangan dan redesign (engineering design process), menghasilkan produk nyata melalui kegiatan proyek, menggunakan bahan bekas (waste materials) untuk inovasi dan keberlanjutan, mendorong pembelajaran konstruktivis yang berpusat pada siswa. Prinsip dasar STEM education merupakan metode pembelajaran interdisipliner yang mencakup sains, teknologi, rekayasa, dan matematika, project-Based Learning (PjBL) mengharuskan siswa melakukan penelitian kelompok untuk memecahkan masalah yang kompleks dan berbasis kehidupan nyata, integrasi PjBL-STEM merupakan pendekatan pembelajaran yang sesuai dengan Society 5.0 dan Industry 4.0, berfokus pada pengembangan keterampilan abad 21 yang dibutuhkan di era globalisasi, mengembangkan literasi sains dan teknologi melalui kegiatan nyata, meningkatkan kesadaran lingkungan</p>	Pembelajaran berbasis masalah melalui proyek STEM.	Komunikasi, kolaborasi, tanggung jawab sosial.	Keterampilan sosial dan sensitivitas lingkungan meningkat signifikan.

No	Penulis (Tahun)	Karakteristik & Prinsip Dasar Integrasi PjBL-STEM	Bentuk Implementasi dalam Pembelajaran Biologi	Keterampilan Abad 21 yang Ditingkatkan	Hasil Penelitian
		dan keberlanjutan (sustainability).			
5.	Fitriyani dkk. (2020)	Model Project Based Learning (PjBL) diintegrasikan dengan pendekatan STEM untuk mendorong keterampilan berpikir tingkat tinggi (Higher Order Thinking Skills/HOTS). Prinsip dasarnya adalah keterpaduan antar disiplin Science, Technology, Engineering, Mathematics melalui pembelajaran berbasis proyek yang menuntut siswa berpikir kritis, memecahkan masalah, dan mencipta solusi nyata. Sintaks yang digunakan mengikuti Laboy-Rush (2010): Reflection, Research, Discovery, Application, Communication. Pendekatan ini dirancang untuk membangun pengalaman belajar yang bermakna dan mendorong keterlibatan aktif siswa dalam menyusun dan mengembangkan produk bioteknologi inovatif.	Pembelajaran dilakukan dalam tiga pertemuan dengan tahapan sintaks PjBL-STEM, yaitu: (1) Reflection: siswa diajak pada konteks masalah bioteknologi, menghubungkan pengetahuan awal dan melakukan analisis. (2) Research: siswa mengumpulkan informasi tentang bioteknologi konvensional dan melakukan evaluasi terhadap ide produk. (3) Discovery: siswa merancang proyek produk bioteknologi (misal: tempe, yoghurt), mencipta desain proyek dan menyusun rencana kerja. (4) Application: siswa membuat produk dan mengevaluasi hasilnya. (5) Communication: siswa mempresentasikan proyek melalui video kreatif. Produk bersifat inovatif, menekankan integrasi konsep STEM dan kemampuan berpikir ilmiah.	Model ini mendorong pengembangan keterampilan, seperti: (1) Berpikir kritis (analisis masalah bioteknologi, mengevaluasi informasi). (2) Berpikir kreatif (merancang produk inovatif, membuat video presentasi). (3) Kolaborasi (kerja tim dalam proyek). (4) Pemecahan masalah (melalui eksperimen dan evaluasi produk). (5) Berpikir ilmiah (melalui pengamatan, perencanaan, eksperimen, validasi data). Seluruh keterampilan dikembangkan dalam konteks nyata dan aplikatif berbasis proyek.	Hasil menunjukkan bahwa PjBL-STEM meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) secara signifikan: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pretest rata-rata: 41 ▪ Posttest rata-rata: 89 ▪ N-Gain: 0,82 (kategori tinggi) Rata-rata skor tertinggi berada pada C5 (evaluasi) dibanding C4 dan C6. Uji statistik menunjukkan Data berdistribusi normal (uji χ^2). Model PjBL-STEM dinilai cocok diterapkan pada materi Bioteknologi karena membangun literasi sains, mendorong partisipasi aktif, dan memberikan pengalaman belajar yang bermakna.
6.	Hussin dkk. (2019)	Penelitian ini mengembangkan kerangka konseptual pembelajaran STEM abad 21 melalui pendekatan Robotics Project-Based Learning (RPjBL). Prinsip dasarnya meliputi integrasi keempat disiplin STEM dalam satu kegiatan berbasis proyek robotik,	Implementasi dilakukan melalui proyek robotik berbasis LEGO Mindstorms, yang memungkinkan siswa membuat, memprogram, dan menguji robot untuk menyelesaikan masalah nyata di kelas berbasis STEM. Siswa diajak menyelesaikan proyek lintas disiplin (STEM) secara kolaboratif dan	Keterampilan abad 21 yang ditingkatkan melalui RPjBL dalam artikel ini meliputi: (1) Kreativitas dalam mendesain dan memprogram robot. (2) Berpikir kritis saat memecahkan tantangan teknis dan logika. (3)	Penelitian menunjukkan bahwa Robotics Project-Based Learning efektif meningkatkan keterampilan STEM abad 21, baik dari segi pengetahuan konten, keterampilan, maupun sikap siswa terhadap STEM. Penggunaan LEGO Mindstorms sebagai alat bantu terbukti: (a) Meningkatkan minat siswa terhadap bidang STEM. (b)

No	Penulis (Tahun)	Karakteristik & Prinsip Integrasi STEM & Dasar PjBL-STEM	Bentuk Implementasi dalam Pembelajaran Biologi	Keterampilan Abad 21 yang Ditingkatkan	Hasil Penelitian
		dengan menggunakan kerangka sistem gear planetari sebagai metafora: <ul style="list-style-type: none"> • Sun gear: RPjBL sebagai pusat kegiatan pembelajaran. • Planet gear: empat disiplin STEM (Sains, Teknologi, Teknik, dan Matematika). • Ring gear: kelas abad 21 (21st century learning environment). • Cage: integrasi antar disiplin STEM. Pembelajaran dirancang berbasis pada prinsip hands-on & minds-on, berfokus pada pengembangan pengetahuan konten, keterampilan teknis, serta sikap terhadap STEM. Setiap aspek STEM dijelaskan dalam tiga dimensi: konten, keterampilan, dan sikap. Penggunaan LEGO Mindstorms menjadi alat utama yang memfasilitasi integrasi tersebut.	reflektif. Proyek ini melibatkan: 1. Perancangan robot. 2. Pemrograman menggunakan perangkat lunak. 3. Penyusunan dan uji coba robot untuk menyelesaikan tantangan berbasis konteks kehidupan nyata. 4. Refleksi dan presentasi hasil proyek.	Komunikasi saat menyampaikan ide dan laporan proyek. (4) Kolaborasi dalam menyelesaikan proyek kelompok. (5) Kecakapan teknologi dalam mengoperasikan perangkat lunak dan hardware LEGO.	Memfasilitasi penguasaan konsep-konsep sains dan matematika seperti percepatan, momentum, dan rasio gear. (c) Menumbuhkan kesadaran terhadap pentingnya literasi teknologi. (d) Memotivasi siswa untuk menerapkan engineering design process dalam penyelesaian masalah nyata.
7.	Isro dkk. (2021)	P endekatan yang terstruktur mengajarkan peserta untuk menganalisis informasi secara rasional dan membuat keputusan berdasarkan bukti. Kemampuan berpikir kritis yang mendalam dan terukur dibangun melalui tindakan teratur ini.	Siswa MA dimotivasi oleh proyek ini untuk menemukan masalah lingkungan dan membuat solusi nyata yang didasarkan pada kearifan lokal. Mereka tidak hanya belajar tentang keberlanjutan tetapi juga menjadi agen perubahan dalam komunitas mereka.	<i>Critical thinking.</i>	Skor tinggi untuk strategi dan taktik (82,83%) menunjukkan bahwa peserta dapat membuat strategi yang efektif. Namun, skor rendah untuk klarifikasi lanjutan (hanya 58,40%) menunjukkan bahwa kemampuan untuk menjelaskan dan mempertajam konsep secara mendalam harus ditingkatkan. Untuk membangun pola pikir yang lebih kritis dan kemampuan komunikasi yang lebih tajam,
8.	Nurbaiti dkk. (2016)	Meskipun tanpa mengintegrasikan elemen STEM secara eksplisit, pendekatan	Siswa diharapkan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang struktur	Keterlibatan aktif dan hasil belajar.	Dengan 81% ketuntasan klasik di kelas eksperimen, metode pembelajaran itu efektif untuk mendukung

No	Penulis (Tahun)	Karakteristik & Prinsip Integrasi PjBL-STEM	Bentuk Implementasi dalam Pembelajaran Biologi	Keterampilan Abad 21 yang Ditingkatkan	Hasil Penelitian
		PjBL ini menekankan keterlibatan siswa dalam proses belajar melalui penyelesaian masalah nyata. Fokus utama pendekatan ini adalah pada pengembangan keterampilan pemecahan masalah, kolaborasi, dan kemandirian belajar secara aktif.	dan fungsi organ melalui proyek sistem ekskresi di kelas eksperimen. Mereka akan belajar konsep secara teoritis dan menjadi lebih kreatif dengan membuat model atau simulasi proses ekskresi.		penguasaan materi. Peningkatan hasil belajar yang signifikan menunjukkan bahwa siswa terlibat secara aktif dalam pembelajaran dan bahwa metode pembelajaran sesuai dengan kebutuhan mereka.
9.	Usman dkk. (2022)	Pembelajaran berbasis proyek (PjBL) dipadukan dengan pendekatan STEM bertujuan meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam memecahkan masalah nyata berbasis sains, teknologi, teknik, dan matematika. Prinsip dasarnya menekankan keterpaduan antar disiplin ilmu untuk menyelesaikan persoalan dalam konteks kehidupan sehari-hari. Pendekatan ini bersifat aktif, kontekstual, dan menekankan pada pengembangan kemampuan berpikir tingkat tinggi (HOTS). Mahasiswa tidak hanya belajar konsep biologi, tetapi juga bagaimana menerapkan konsep tersebut dalam penyelesaian masalah melalui eksplorasi proyek yang aplikatif.	Implementasi dilakukan pada mata kuliah Anatomi Fisiologi Manusia bagi mahasiswa semester 6 Pendidikan Biologi di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Model PjBL-STEM ditetapkan melalui pemberian soal uraian berbasis studi kasus kontekstual yang dikaitkan dengan fenomena biologis dalam kehidupan nyata. Mahasiswa mengerjakan soal HOTS dengan konteks visual (gambar), dan dilanjutkan wawancara untuk mengungkap proses berpikir mereka. Evaluasi dilakukan berdasarkan empat aspek pemecahan masalah: merumuskan masalah, menyusun hipotesis, dan menarik kesimpulan.	Berpikir kritis dan pemecahan masalah.	Hasil menunjukkan bahwa kemampuan pemecahan masalah mahasiswa tergolong rendah: 19% cukup, 24% kurang, dan 57% sangat kurang. Skor tertinggi terdapat pada aspek "menguji hipotesis" (48,10%) namun masih dalam kategori kurang, sementara aspek lain seperti merumuskan masalah, menyusun hipotesis, dan menyimpulkan berada pada kategori sangat kurang. Kesalahan yang umum dilakukan mahasiswa meliputi kesalahan memahami soal, mentransformasikan informasi dan lemahnya ketrampilan proses ilmiah. Disarankan penerapan pembelajaran berbasis kasus dan penguatan literasi visual-biologis untuk meningkatkan kemampuan berpikir tingkat tinggi.
10.	Wandari dkk. (2024)	Karakteristik dan prinsip dasar integrasi PjBL-STEM dalam pembelajaran ditandai dengan pelibatan aktif siswa dalam menyelesaikan proyek berbasis masalah nyata yang	Bentuk implementasi PjBL berbasis STEM dalam pembelajaran Biologi ditunjukkan melalui kegiatan proyek yang berkaitan langsung dengan materi perubahan lingkungan. Siswa dibagi dalam	<i>Critical Thinking</i> dan <i>Collaboration</i> .	Hasil penelitian menunjukkan bahwa model PjBL berbasis STEM efektif meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa biologi. Kelas eksperimen mengalami peningkatan nilai dari 40,11 menjadi 81,40,

No	Penulis (Tahun)	Karakteristik & Prinsip Integrasi STEM	Dasar PjBL-	Bentuk Implementasi dalam Pembelajaran Biologi	Keterampilan Abad 21 yang Ditingkatkan	Hasil Penelitian
		mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika secara kontekstual. Proyek dilakukan secara kolaboratif dengan menekankan proses mendesain solusi kreatif yang bernilai fungsional. Integrasi ini bersifat interdisipliner, kontekstual, dan menekankan pendekatan investigatif serta pengalaman belajar aktif yang mendorong pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, komunikasi, dan kolaborasi. Prinsip utamanya adalah pembelajaran berpusat pada siswa, pemecahan masalah berbasis kehidupan nyata, serta penilaian yang mencakup proses dan produk proyek secara		kelompok untuk mengidentifikasi jenis limbah atau pencemar lingkungan tertentu, kemudian merancang dan membuat produk dari limbah tersebut yang bernilai guna dan ramah lingkungan. Proses ini mencakup tahapan memahami permasalahan, merancang solusi, membuat produk, hingga mempresentasikan hasil proyek di depan kelas. Guru berperan sebagai fasilitator yang membimbing, mengarahkan, dan mengevaluasi setiap tahapan proyek. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga melatih kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif siswa dalam konteks permasalahan lingkungan		sementara kelas kontrol hanya meningkat dari 38,65 menjadi 72,42. Uji-t menunjukkan hasil signifikan dengan thitung $5,59 > t_{tabel} 1,6669$, dan nilai N-gain kelas eksperimen sebesar 0,65 lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol sebesar 0,49.

Berdasarkan kajian terhadap sepuluh artikel penelitian, ditemukan bahwa integrasi model *Project Based Learning* (PjBL) dan pendekatan *Science, Technology, Engineering, and Mathematics* (STEM) dalam pembelajaran biologi menunjukkan dampak yang signifikan terhadap peningkatan keterampilan abad ke-21 siswa. Keterampilan yang ditingkatkan meliputi kemampuan berpikir kritis, berpikir kreatif, kemampuan pemecahan masalah, penguasaan konsep biologi, serta partisipasi aktif dalam kegiatan pembelajaran. Integrasi PjBL-STEM juga memberikan pengaruh positif

terhadap aspek afektif dan keterampilan sosial siswa seperti kerja sama, komunikasi, dan tanggung jawab. Temuan-temuan ini selaras dengan tujuan penelitian, yaitu untuk mengetahui efektivitas integrasi PjBL dan pendekatan STEM dalam meningkatkan keterampilan abad 21 serta mendeskripsikan manfaat, tantangan, dan peran guru dalam implementasinya.

Namun demikian, beberapa tantangan juga ditemukan dalam pelaksanaan integrasi PjBL-STEM. Tantangan tersebut antara lain kesiapan guru yang masih perlu ditingkatkan, keterbatasan sarana dan prasarana, serta kurangnya

keterampilan awal siswa dalam proses ilmiah dan literasi informasi. Oleh karena itu, pendampingan dan pelatihan bagi guru, serta perencanaan proyek yang sesuai dengan konteks lokal sangat diperlukan agar implementasi PjBL-STEM dapat berjalan secara optimal.

Berdasarkan hasil kajian tersebut, integrasi model PjBL dan pendekatan STEM berperan besar dalam meningkatkan kualitas pembelajaran biologi. Model ini memberikan ruang bagi siswa untuk berkolaborasi, berpikir kritis, serta menciptakan solusi nyata terhadap permasalahan yang kontekstual. Penguatan pada aspek HOTS dan kolaborasi tim menjadi bagian integral dari pendekatan ini. Integrasi PjBL-STEM juga relevan dengan semangat kurikulum Merdeka Belajar yang mendorong pembelajaran berbasis proyek dan profil pelajar Pancasila. Pendekatan ini terbukti tidak hanya meningkatkan aspek kognitif siswa, tetapi juga mengembangkan dimensi sosial dan emosional yang penting dalam pembentukan karakter abad ke-21.

Integrasi pendekatan PjBL dan STEM secara umum memberikan kontribusi positif terhadap pembelajaran biologi. Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa peserta didik mengalami peningkatan kemampuan berpikir kritis setelah mengikuti pembelajaran dengan model PjBL-STEM. Penelitian oleh Isro dkk. (2021) menyatakan bahwa semua aspek *critical thinking* mengalami peningkatan, dengan skor tertinggi pada aspek strategi dan taktik. Sementara itu, Wandari dkk. (2024) menunjukkan adanya peningkatan signifikan skor posttest pada kelas eksperimen dibandingkan kelas kontrol, dengan nilai N-gain yang lebih tinggi. Namun,

terdapat beberapa tantangan seperti kurangnya kesiapan awal siswa dalam keterampilan proses dan kemampuan literasi informasi, sebagaimana ditemukan dalam penelitian Usman dkk. (2022). Maka dari itu, perlu adanya pendampingan intensif, pelatihan guru, serta perencanaan proyek yang relevan dan adaptif terhadap konteks lokal siswa.

PEMBAHASAN

Model pembelajaran berbasis proyek (*Project Based Learning/PjBL*) berasal dari ide kreatif John Dewey pada pentingnya pembelajaran yang kontekstual. Sebenarnya ide pembelajaran ini sudah dipikirkan oleh Dewey sejak lama, namun diterapkan di lembaga pendidikan pada tahun 1990-an. Dalam pembelajaran PjBL peserta didik lebih ditekankan untuk melakukan penelitian dalam kelompok, sesuai dengan masalah kehidupan nyata, kompleks, dan sulit dipecahkan. Sehingga PjBL dapat memungkinkan peserta didik untuk menstrukturkan pengetahuan mereka secara ilmiah dari pemecahan masalah dengan kerja tim (Baran dkk., 2021). Banyak hasil penelitian menunjukkan bahwa model PjBL mampu memperdalam pemahaman materi, mendorong kemandirian belajar serta motivasi siswa, dan mengembangkan keterampilan dalam memecahkan masalah (Nurbaiti dkk., 2016). Sehingga PjBL ini menjadi pedagogi yang tidak hanya fokus pada pengembangan intelektual, tetapi juga menciptakan lingkungan belajar yang ideal melalui kegiatan langsung (*hands-on*), pengembangan keterampilan sosial, diskusi kelompok, serta penyelesaian masalah bersama rekan satu tim (Hussin dkk., 2019). Model pembelajaran berbasis proyek (PjBL) menitikberatkan pada kegiatan proyek yang berfokus pada peran aktif peserta didik. Pendekatan ini memberikan kebebasan kepada siswa untuk merancang proses

pembelajarannya sendiri, berkolaborasi dalam pelaksanaan proyek, dan menghasilkan suatu produk yang dapat dipertunjukkan atau dipresentasikan kepada orang lain (Afifah dkk., 2019).

STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematic*) adalah pendekatan dalam pendidikan yang mengintegrasikan beberapa disiplin ilmu diantaranya sains, teknologi, teknik, dan matematika. Pendekatan ini berfokus pada pemecahan masalah dalam kehidupan yang nyata (Wandari dkk., 2024). Pendekatan STEM menawarkan potensi yang signifikan dalam mengembangkan kemampuan berpikir siswa melalui ciri-ciri khas yang dimilikinya (Afifah dkk., 2019). Pendidikan STEM memiliki peran penting dalam menyiapkan tenaga kerja berkualitas untuk menghadapi tantangan ekonomi global, ekonomi berbasis pengetahuan, industri 4.0, dan masyarakat 5.0, karena pendidikan ini membekali siswa dengan pengetahuan dan keterampilan abad ke-21 yang dibutuhkan di dunia kerja (Baran dkk., 2021). Temuan ini didukung oleh hasil penelitian sebelumnya Fitriyani dkk (2020), pendekatan STEM berpengaruh sangat signifikan dalam meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (HOTS) peserta didik. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Baran dkk (2021) pendekatan STEM pada pembelajaran biologi pada pada konsep penggunaan limbah memiliki dampak positif dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21 pada siswa kelas 10. Keterampilan ini penting dalam konteks Masyarakat 5.0 dan Industri 4.0. Kegiatan tersebut membantu siswa belajar sambil bersenang-senang, mengenali kemampuan diri, dan menjadi individu yang mampu mengevaluasi serta mengambil keputusan sendiri yang semuanya berkontribusi pada kemajuan masyarakat. Penelitian ini membuktikan bahwa pendekatan tersebut efektif.

Penerapan pendekatan STEM dalam model pembelajaran berbasis proyek

(PjBL) pada mata pelajaran Biologi dapat menjadi alternatif untuk mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi. Melalui pendekatan ini, siswa didorong untuk menguasai pengetahuan, sikap, dan keterampilan yang diperlukan dalam menyelesaikan permasalahan yang berkaitan dengan materi pelajaran. Hal ini juga berkontribusi pada peningkatan literasi sains dan teknologi siswa melalui kegiatan seperti membaca, menulis, mengamati, serta melakukan investigasi ilmiah, yang semuanya relevan dengan pemecahan masalah dalam kehidupan sehari-hari yang berhubungan dengan bidang STEM (Fitriyani dkk., 2020). Selain itu, integrasi STEM dalam pembelajaran berbasis proyek (PjBL) telah terbukti secara signifikan mampu meningkatkan pemahaman konsep pada peserta didik (Astuti dkk., 2019). Pembelajaran PjBL yang diintegrasikan dengan STEM juga dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis. Hal ini dikarenakan pendekatan STEM dapat meningkatkan pola berpikir siswa secara logika (Wandari dkk., 2024). Pembelajaran PjBL-STEM terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa, terutama karena melibatkan siswa secara aktif dalam menyelesaikan permasalahan autentik yang sesuai dengan konteks kehidupan (Isro dkk., 2021).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model Project Based Learning (PjBL) yang diintegrasikan dengan strategi pembelajaran berdiferensiasi efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kreatif peserta didik pada mata pelajaran Biologi. Pada siklus pertama, penerapan PjBL tanpa integrasi strategi pembelajaran berdiferensiasi hanya memberikan peningkatan keterampilan berpikir kreatif pada kategori sedang. Setelah dilakukan perbaikan pada siklus kedua melalui integrasi PjBL dengan pembelajaran berdiferensiasi sesuai karakteristik, minat, dan gaya belajar peserta didik,

terjadi peningkatan signifikan pada aspek berpikir lancar dan luwes ke kategori tinggi dan sangat tinggi. Temuan ini didukung oleh hasil angket yang menunjukkan bahwa peserta didik merespons positif proses pembelajaran, sehingga dapat disimpulkan bahwa integrasi kedua strategi pembelajaran tersebut mampu menciptakan suasana belajar yang aktif, menyenangkan, dan efektif dalam mengembangkan keterampilan berpikir kreatif peserta didik (Anggreini dkk., 2024). Selain itu, PJBL memiliki potensi untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik. Namun, penggunaan PjBL-STEM memiliki kendala, yaitu peserta didik belum terbiasa mengerjakan proyek. Guru, sebagai fasilitator dalam pembelajaran, dapat membantu peserta didik. Dengan demikian, penerapan PjBL-STEM dalam pembelajaran, khususnya pembelajaran fisika, dapat memungkinkan peserta didik belajar dengan cara yang lebih efektif dan menarik. Pembahasan pada artikel ini didasari pada kumpulan artikel yang telah peneliti review.

KESIMPULAN

Penerapan gabungan antara model PjBL dan pendekatan STEM dalam pembelajaran biologi terbukti memberikan nilai tambah bagi kegiatan pembelajaran. Pengembangan potensi siswa yang relevan dengan tuntutan abad ke-21, seperti kemampuan berpikir kritis, menyelesaikan masalah, berkreasi, bekerja sama, dan berkomunikasi. Kajian literatur menunjukkan bahwa penerapan integrasi ini mampu meningkatkan pemahaman konsep biologi secara mendalam melalui kegiatan proyek yang kontekstual dan berbasis masalah nyata. Selain itu, keterpaduan PjBL dan STEM mampu membentuk karakter peserta didik yang adaptif terhadap tantangan global dan mendorong keterlibatan aktif dalam proses pembelajaran.

SARAN

Pendidik diharapkan dapat mengadaptasi integrasi PjBL dan pendekatan STEM dalam pembelajaran biologi untuk mendorong pembelajaran yang lebih bermakna dan aplikatif. Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji efektivitas integrasi ini dalam berbagai konteks jenjang pendidikan dan materi biologi yang berbeda, serta menyertakan pengukuran kuantitatif terhadap peningkatan keterampilan abad ke-21. Selain itu, diperlukan pelatihan guru agar mampu merancang dan mengimplementasikan pembelajaran berbasis proyek yang selaras dengan prinsip-prinsip STEM secara optimal.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdillah, K., & Hamami, T. 2021. Pengembangan Kurikulum Menghadapi Tuntutan Kompetensi Abad Ke 21 Di Indonesia. *Jurnal Pendidikan Islam Al-Ilmi*, 4(1): 1–20. <https://doi.org/10.32529/al-ilm.v4i1.895>
- Afifah, A. N., Ilmiyati, N., & Toto. 2019. Model Project Based Learning (PjBL) Berbasis STEM Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 11(2): 73-78. <http://dx.doi.org/10.25157/j-kip.v1i2.4400>.
- Anggreini, W., Purnomo, T., & Farikhah. 2024. Integrasi Strategi Pembelajaran Berdiferensiasi dengan Project Based Learning untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kreatif Peserta Didik. *BIOSFER: Jurnal Biologi & Pendidikan Biologi*, 9(1): 1-8. <https://doi.org/10.23969/biosfer.v9i1.13933>.
- Astuti, I. D., Toto., & Yulisna, L. 2019. Model Project Based Learning (PjBL) Terintegrasi STEM Untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep dan Aktivitas Belajar Siswa. *Quagga: Jurnal Pendidikan dan*

- Biologi*, 11(2): 93-98.
<https://doi.org/10.25134/quagga.v11i2.1915>.
- Baran, M., Baran, M., & Maskan, A . 2021. The Influence of Project-Based STEM (PjBL-STEM) Application on the Development of 21st-Century Skills. *Journal of Turkish Science Education*, 18(4): 798-815.
<https://doi.org/10.36681/tused.2021.104>.
- Fitriyani, A., Toto., & Fitri, E . 2020. Implementasi Model PjBL-STEM Untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi. *Bioed: Jurnal Pendidikan Biologi*, 8(2): 1-6.
<http://dx.doi.org/10.25157/jpb.v8i2.4375>.
- Hussin, H., Jica, P. Y., Rosly, R. N. R., & Omar, S. R. 2019. Integrated 21st Century Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) Education Through Robotics Project-Based Learning. *Humanities & Social Sciences Reviews*, 7(2): 204-211.
<https://doi.org/10.18510/hssr.2019.7222>.
- Isro, A. L., Anggraito, Y. U., & Bintari, S. H. 2021. Description of Student's Critical Thinking Skills in Integrated PjBL STEM Learning Environmental Change Material. *Journal of Innovative Science Education*, 10(3): 237-243.
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jise>.
- Jatmika, S., Lestari, S., Rahmatullah, R., Pujianto, P., & Dwandaru, W. S. B. 2020. Integrasi *Project Based Learning* dalam *Science Technology Engineering and Mathematics* untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains dalam Pembelajaran Fisika. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Keilmuan (JPFK)*, 6(2): 107-119.
<http://doi.org/10.25273/jpfk.v6i2>.
- Nurbaiti, S., Kartijino, N. E., & Herlina, L. 2016. Pengaruh Pembelajaran Model Project Based Learning Materi Sistem Ekskresi Terhadap Hasil Belajar Siswa. *Unnes Journal of Biology Education*, 5(2): 214-221.
<https://doi.org/10.15294/jbe.v5i2.14665>.
- Puspitasari, Y., Surur, M., & Putra, E.D. 2023. Penggunaan Media Pembelajaran Microsoft Teams Terhadap Minat Belajar Mahasiswa Pada Mata Kuliah Biologi Dasar. *ORYZA: Jurnal Pendidikan Biologi*, 13(2): 218–224.
<https://doi.org/10.33627/oz.v13i2.2710>.
- Putri, P. E., Lufri, L., Helendra, H., & Fuadiyah, S. 2021. Motivasi Belajar dan Hasil Belajar Biologi Selama Pembelajaran Daring pada Siswa XI Sekolah Menengah Atas. *Journal for Lesson and Learning Studies*, 4(3): 338–342.
<https://doi.org/10.23887/jlls.v4i3.37617>
- Sartika, I., Fuadaturrahmah, F., Handayani, F., & Kadir, D. 2025. Penerapan Pembelajaran *Project Based Learning* Berbasis *Science Technology Engineering and Mathematics* (STEM) dalam Pengolahan Air Limbah. *Jurnal Darma Agung*, 33(2): 240-245.
<https://jurnal.darmaagung.ac.id>
- Sitorus, N., Samosir, N.R., Sinaga, P.W.O., Samosir, A.T., Kudadiri, W.S.A., Mukra, R., & Arwita, W. 2025. Analisis Penerapan Model Pembelajaran PBL, PJBL, dan Deep Learning pada pada Pembelajaran Biologi di SMA Negeri 1 Percut Sei Tuan. *Edubiolog*, 6(2): 1-9.
<https://scholar.ummetro.ac.id/index.php/edubiolog/article/view/9245/3437>
- Usman., Hendriyani, M.E., & Rifqiwati, I. 2022. Profil Kemampuan Pemecahan Masalah Mahasiswa Melalui Pembelajaran PJBL Terintegrasi STEM. *BIO-Lectura:*

Jurnal Pendidikan Biologi, 9(2):
192-197.
<https://doi.org/10.31849/bl.v9i2.11177>.

Wandari, W., Nursamsu., & Wahyuni, A.
2024. Peningkatan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Biologi dengan Menggunakan Model PjBL Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics). *Biodik: Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 10(4): 743-754.
<https://doi.org/10.22437/biodik.v10i4.38431>.

Wijayanti, R. 2024. Penerapan Model Project Based Learning (PjBL) dalam Meningkatkan Keterampilan Menulis pada Pembelajaran Bahasa Indonesia. *Jurnal Bima : Pusat Publikasi Ilmu Pendidikan Bahasa dan Sastra*, 3(1): 63–80.
<https://doi.org/10.61132/bima.v3i1.1443>