

Implementasi *Project-Based Learning* dalam Praktikum Cacing untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains Mahasiswa PGSD

Rifqa Gusmida Syahrin Barokah

Universitas Riau, Indonesia

rifqa.gusmida@lecturer.unri.ac.id

Abstract

This study aims to analyze the effectiveness of the Project-Based Learning (PjBL) model in enhancing science process skills and conceptual understanding among prospective elementary school teacher students. A quasi-experimental method with a pretest-posttest design was employed. The research involved 80 students as participants. Data were collected through observations, written tests, and project documentation, and analyzed using both descriptive and inferential statistics. The results indicated a significant improvement in science process skills ($r = 0.812$; $p < 0.001$) and conceptual understanding ($p < 0.001$; $d = 3.22$). The PjBL model encouraged students to actively engage in observing, measuring, classifying, predicting, inferring, and scientifically communicating. Additionally, it facilitated the reinforcement of contextual, experience-based learning. Therefore, PjBL is proven to be an effective pedagogical strategy for holistically developing students' scientific competencies.

Keywords: Project-Based Learning, Science Process Skills, Conceptual Understanding.

Pendahuluan

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik untuk memiliki lebih dari sekadar penguasaan materi. Mereka perlu dibekali dengan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, kemampuan komunikasi, serta literasi digital dan sains (Khoiri et al., 2021; Murnaka & Sulistiawati, 2023). Kompetensi-kompetensi ini dirangkum dalam istilah 6C yang menjadi inti dari keterampilan abad ke-21: *critical thinking, creativity, collaboration, dan communication*, character, and citizenship. Dalam pendidikan dasar, pengembangan keterampilan ini harus dimulai sejak dini dan dilandasi oleh proses pembelajaran yang bermakna (Okros, 2020; Thornhill-Miller et al., 2023; Zhang et al., 2024).

Kurikulum Merdeka, sebagai kebijakan pendidikan terbaru di Indonesia, menekankan pentingnya pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, fleksibel, kontekstual, dan mengembangkan kompetensi esensial (Alhapi et al., 2024; Syofyan et al., 2024). Pembelajaran tidak lagi diarahkan pada capaian materi semata, melainkan pada pembentukan karakter, pemahaman yang mendalam (*deep learning*), dan relevansi terhadap kehidupan nyata. Kurikulum ini mendorong pendekatan pembelajaran yang eksploratif dan reflektif, seperti pembelajaran berbasis proyek

(*Project-Based Learning/PjBL*) (Muliawan et al., 2016; Yusri et al., 2024), untuk menumbuhkan kemampuan berpikir tingkat tinggi serta sikap ilmiah pada peserta didik dan calon guru.

Keterampilan proses sains merupakan bagian penting dari kompetensi abad ke-21 yang harus dikuasai oleh guru sekolah dasar (Atush Sholihah et al., 2020). Keterampilan ini mencakup kemampuan untuk mengamati secara sistematis, mengajukan pertanyaan, merumuskan hipotesis, merancang dan melaksanakan eksperimen, mengolah data, hingga menarik Kesimpulan (Nurhayati et al., 2021). Semua proses ini sangat relevan dengan tujuan Kurikulum Merdeka yang mengutamakan proses belajar yang mendalam dan bermakna. Oleh karena itu, calon guru harus mendapatkan pengalaman belajar IPA yang sesuai dengan pendekatan ini, bukan sekadar menyelesaikan tugas prosedural, tetapi terlibat dalam kegiatan yang mendorong eksplorasi, inkuiri, dan kolaborasi.

Sayangnya, di banyak program studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD), pembelajaran IPA masih berjalan kurang maksimal. Praktikum yang dilakukan cenderung mengikuti prosedur tetap, kurang memberikan ruang bagi mahasiswa untuk merancang penyelidikan atau menganalisis fenomena secara mandiri (Lahiff et al., 2019; Munaf et al., 2025; Rosanawati et al., 2025). Evaluasi pun sering kali hanya berfokus pada hasil akhir berupa laporan, bukan pada proses berpikir ilmiah yang dilalui mahasiswa selama pembelajaran. Kondisi ini menghambat pengembangan keterampilan ilmiah, terutama keterampilan proses sains dan kemampuan berpikir kritis, yang seharusnya menjadi fondasi dalam membentuk guru IPA yang reflektif dan adaptif.

Sementara itu, di sisi lain, pendekatan pembelajaran berbasis proyek (PjBL) menawarkan alternatif yang lebih sesuai dengan arah pengembangan kompetensi dalam Kurikulum Merdeka. PjBL menempatkan mahasiswa sebagai subjek aktif dalam pembelajaran, mendorong mereka untuk menyusun pertanyaan penelitian, merancang eksperimen, bekerja dalam tim, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menyampaikan hasil secara komunikatif (Mota et al., 2025; Sahin, 2013; Yusri et al., 2024). Proses ini mendekati praktik ilmiah yang sesungguhnya, dan sekaligus melatih mahasiswa untuk berpikir lintas bidang dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa PjBL secara konsisten berkontribusi pada peningkatan keterampilan proses sains, pemahaman konsep IPA, serta minat dan motivasi belajar (Lahiff et al., 2019; Nurhayati et al., 2021; Sahin, 2013). Dalam sebuah studi skala besar, peserta didik yang mengikuti pembelajaran berbasis proyek memperoleh skor lebih tinggi dalam penilaian sains, dengan peningkatan sebesar 0,20 standar deviasi dibandingkan pembelajaran tradisional. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa pengalaman belajar berbasis proyek memberi ruang bagi mahasiswa untuk lebih memahami proses ilmiah dan mengaitkannya dengan kehidupan sehari-hari.

Lebih dari itu, pembelajaran berbasis proyek juga sejalan dengan pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*). Melalui proyek-proyek yang berhubungan dengan isu lingkungan, keanekaragaman hayati, atau sistem kehidupan, peserta didik dapat membangun kesadaran akan pentingnya menjaga keseimbangan alam (Awini et al., 2024; Birdman et al., 2022; Nagamalla et al., 2024). SDG nomor 4, yaitu *Quality Education*, secara eksplisit menekankan pentingnya pendidikan yang tidak hanya berorientasi akademik, tetapi juga membekali peserta didik dengan keterampilan yang relevan untuk kehidupan abad ke-21 (Awini et al., 2024; Nagamalla et al., 2024). Oleh karena itu, membiasakan mahasiswa PGSD dengan pendekatan pembelajaran seperti PjBL juga merupakan langkah strategis untuk menyiapkan mereka sebagai agen perubahan dalam mendukung agenda pembangunan berkelanjutan.

Dalam hal ini, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan model *Project-Based Learning* dalam kegiatan praktikum cacing tanah (*Lumbricus sp.*) pada mata kuliah Pengembangan Pembelajaran IPA. Praktikum ini dirancang agar

mahasiswa PGSD semester IV terlibat secara aktif dalam menyusun dan menjalankan eksperimen berbasis proyek, dengan perlakuan yang berbeda-beda antar kelompok, misalnya perbedaan media tanah, kelembaban, atau pencahayaan. Penelitian ini difokuskan pada pengaruh penerapan PjBL terhadap peningkatan keterampilan proses sains dan pemahaman konsep IPA, dua kompetensi kunci dalam pembelajaran sains berbasis Kurikulum Merdeka.

Lebih jauh, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi pada pengembangan model pembelajaran IPA yang mendukung pencapaian keterampilan abad ke-21 dan berkontribusi pada pencapaian SDGs melalui pendekatan pembelajaran yang kontekstual, reflektif, dan berkelanjutan.

Metode

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif dengan desain *one-group pretest–posttest design*. Desain ini digunakan untuk mengukur pengaruh penerapan model *Project-Based Learning* (PjBL) terhadap keterampilan proses sains dan pemahaman konsep IPA mahasiswa Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD). Penelitian dilaksanakan dalam pada mahasiswa semester IV. Seluruh peserta berjumlah 80 mahasiswa dari 2 kelas, dan keseluruhan subjek diberikan perlakuan yang seragam.

Model pembelajaran yang diterapkan adalah *Project-Based Learning* (PjBL) yang dikembangkan melalui lima tahapan utama: (1) orientasi terhadap masalah, (2) perencanaan proyek, (3) pelaksanaan eksperimen, (4) penyusunan dan presentasi hasil, serta (5) evaluasi dan refleksi.

Dalam kegiatan ini, mahasiswa dibagi ke dalam kelompok-kelompok kecil dan diminta untuk merancang dan melaksanakan proyek praktikum berbasis pengamatan perilaku cacing tanah (*Lumbricus sp.*) dengan memanipulasi salah satu variabel lingkungan, seperti jenis media tanah, tingkat kelembaban, zat kimia, atau pencahayaan. Mahasiswa merancang eksperimen secara mandiri, melaksanakan investigasi, dan mendokumentasikan hasil pengamatan dalam bentuk laporan serta presentasi kelompok. Proses pembelajaran berlangsung selama dua pertemuan, masing-masing berdurasi 150 menit.

Untuk mengukur efektivitas pembelajaran, digunakan dua jenis instrumen. Pertama, tes pemahaman konsep IPA, yang disusun dalam bentuk soal uraian dengan fokus pada konsep adaptasi makhluk hidup dan interaksinya dengan lingkungan. Kedua, angket keterampilan proses sains, yang dikembangkan berdasarkan enam indikator utama: mengamati, mengklasifikasi, merumuskan hipotesis, mengontrol variabel, menginterpretasi data, dan menarik kesimpulan. Angket terdiri atas 30 butir pernyataan dengan skala Likert empat tingkat. Validitas isi untuk kedua instrumen telah diperoleh melalui uji pakar, sedangkan uji validitas item dilakukan menggunakan korelasi Pearson dan menunjukkan seluruh item valid. Uji reliabilitas angket menunjukkan nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,836, yang termasuk dalam kategori sangat baik.

Data dikumpulkan melalui *pretest* dan *posttest* yang diberikan sebelum dan sesudah perlakuan. Hasil *pretest* dan *posttest* dianalisis secara statistik menggunakan uji t berpasangan (*paired-sample t-test*) untuk mengetahui perbedaan skor secara signifikan setelah diterapkannya model PjBL. Uji normalitas dilakukan terlebih dahulu menggunakan uji *Kolmogorov-Smirnov* untuk memastikan bahwa data memenuhi asumsi distribusi normal. Seluruh proses analisis data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 23.

Hasil

Implementasi Project Based Learning

Pelaksanaan model *Project-Based Learning* (PjBL) pada penelitian ini dianalisis berdasarkan keterlibatan mahasiswa dalam menjalankan setiap tahapan

pembelajaran. Data yang diperoleh memberikan gambaran sejauh mana mahasiswa mampu mengikuti proses pembelajaran berbasis proyek secara bertahap. Rincian capaian tiap sintaks disajikan dalam tabel 1 berikut.

Tabel 1. Implementasi Sintak PjBL

Tahapan	P1	P2
Orientasi terhadap masalah	85,71%	92,86%
Perencanaan proyek	78,57%	85,71%
Pelaksanaan eksperimen	82,14%	89,29%
Penyusunan dan presentasi hasil proyek	75,00%	87,50%
Evaluasi dan refleksi	67,86%	78,57%
Rata-Rata	77,86%	86,79%

Implementasi PjBL oleh mahasiswa menunjukkan peningkatan pada setiap sintaks dari pertemuan pertama ke pertemuan kedua. Rata-rata implementasi naik dari 77,86% menjadi 86,79%. Peningkatan ini mencerminkan pemahaman mahasiswa yang semakin baik terhadap alur dan pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek.

Pada tahap *Orientasi terhadap masalah*, skor yang tinggi di kedua pertemuan (85,71% dan 92,86%) menunjukkan bahwa mahasiswa mampu memahami dan merespons isu yang diberikan dosen dengan rasa ingin tahu yang tinggi. Seorang mahasiswa mengatakan, "*Saat dosen memancing kami dengan pertanyaan dan studi kasus, kami jadi penasaran dan ingin segera mencoba eksperimen sendiri,*" yang mencerminkan keberhasilan tahap ini dalam membangkitkan rasa ingin tahu.

Tahap *Perencanaan proyek* juga menunjukkan peningkatan dari 78,57% ke 85,71%. Mahasiswa semakin mampu merancang strategi kerja kelompok, menentukan bahan, dan merumuskan hipotesis eksperimen. Beberapa mahasiswa mencatat bahwa di pertemuan kedua mereka sudah lebih tahu apa yang harus disiapkan dan lebih mandiri dalam menyusun rencana.

Pelaksanaan eksperimen sebagai inti dari model PjBL, mengalami peningkatan dari 82,14% menjadi 89,29%. Ini menunjukkan kemampuan mahasiswa dalam menerapkan rancangan proyek secara konkret di lapangan. Dalam praktiknya, mahasiswa mengaku lebih percaya diri dan kompak saat melakukan eksperimen, serta lebih memahami pentingnya pengamatan langsung.

Tahap *Penyusunan dan presentasi hasil proyek* meningkat cukup tajam dari 75,00% menjadi 87,50%. Mahasiswa tampak lebih terorganisasi dalam menyusun data hasil pengamatan dan menyampaikan laporan. Dalam refleksi mereka, ada yang menyebut bahwa "*kerja kelompok kami jadi lebih kompak dan presentasinya lebih enak dipahami oleh teman lain.*"

Tahap yang masih perlu diperkuat adalah *Evaluasi dan refleksi*, meskipun tetap menunjukkan kenaikan dari 67,86% ke 78,57%. Keterampilan merefleksikan proses pembelajaran, baik secara individu maupun kelompok, masih menjadi tantangan. Mahasiswa cenderung fokus pada hasil eksperimen daripada mengkritisi proses berpikir atau kerja kelompok. Namun, ini adalah peluang penting untuk pengembangan keterampilan metakognitif di tahap lanjutan.



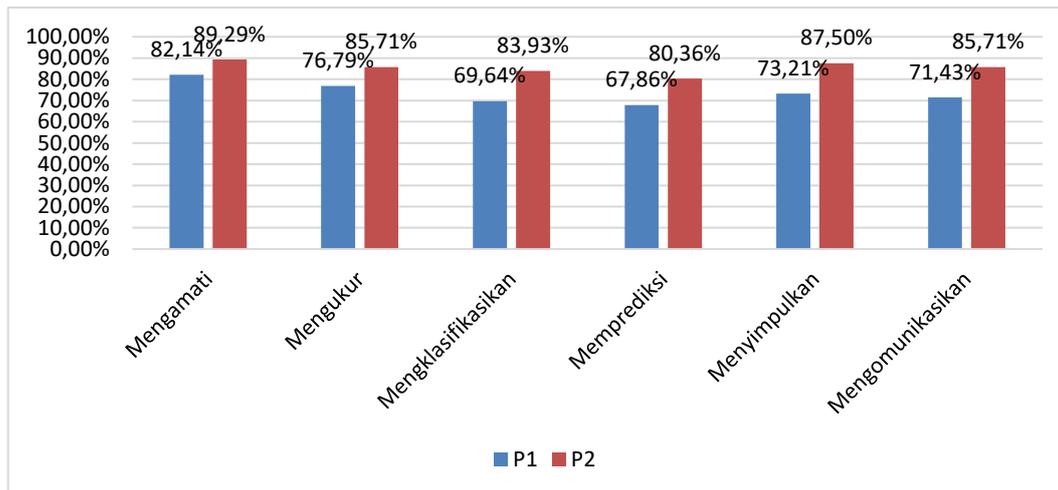
Gambar 1. Pelaksanaan PjBL

Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa sintaks PjBL dapat diimplementasikan secara baik oleh mahasiswa, dengan peningkatan pemahaman dan keterlibatan aktif yang semakin baik dari waktu ke waktu. Temuan ini

memberikan dasar kuat untuk terus menggunakan dan mengembangkan PjBL dalam pembelajaran sains kontekstual berbasis eksperimen.

Integrasi PjBL dengan Keterampilan Proses Sains

Integrasi model pembelajaran Project-Based Learning (PjBL) dengan keterampilan proses sains dievaluasi berdasarkan enam indikator utama: mengamati, mengukur, mengklasifikasikan, memprediksi, menyimpulkan, dan mengomunikasikan. Data persentase ketercapaian indikator tersebut oleh mahasiswa selama dua kali pertemuan eksperimen disajikan dalam gambar 2. berikut:



Gambar 2. Keterampilan Proses Sains Mahasiswa

Selain itu, untuk melihat hubungan antara keterampilan proses sains dengan tingkat penerapan PjBL, dilakukan uji korelasi Pearson. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa terdapat korelasi yang sangat kuat dan signifikan antara kedua variabel.

Tabel 2. Hasil Uji Korelasi

Variabel	r	Sig. (2-tailed)
Penerapan PjBL × Keterampilan Proses Sains	0,812	0,000

Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan PjBL memiliki kontribusi signifikan terhadap peningkatan keterampilan proses sains mahasiswa. Terjadi peningkatan rata-rata sebesar 11,13% dari pertemuan pertama ke pertemuan kedua. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas berbasis proyek mampu mendorong mahasiswa untuk terlibat dalam proses ilmiah yang utuh dan autentik.

Indikator yang mengalami peningkatan paling besar adalah *memprediksi* dan *menyimpulkan*. Peningkatan ini menunjukkan bahwa mahasiswa mulai mampu mengaitkan data hasil observasi dengan pengetahuan yang telah mereka pelajari untuk menghasilkan dugaan ilmiah dan menyusun kesimpulan berdasarkan bukti. Salah satu mahasiswa menuliskan, "*Awalnya saya hanya mencatat apa yang terjadi, tapi setelah diskusi dan diberi pertanyaan pemicu, saya jadi bisa menarik kesimpulan sendiri.*"

Hubungan antara penerapan sintaks PjBL dan perkembangan keterampilan proses sains sangat kuat, ditunjukkan oleh nilai korelasi *Pearson* sebesar 0,812 ($p < 0,001$). Ini berarti bahwa semakin baik pelaksanaan model PjBL oleh mahasiswa, semakin tinggi pula perkembangan keterampilan saintifik yang mereka tunjukkan dalam proses pembelajaran.

Indikator *mengamati* dan *mengukur* juga menunjukkan nilai tinggi, terutama karena eksperimen yang dilakukan mahasiswa menuntut mereka mencatat, seperti perubahan gerak, warna, dan waktu pada cacing. Mahasiswa terbiasa menggunakan pengamatan langsung serta *stopwatch* untuk mencatat waktu respon. Seorang

mahasiswa menulis, “*Kami ukur waktu reaksi cacing saat disemprot parfum, ternyata beda antara satu semprot dan dua semprot.*”

Namun, indikator seperti *mengomunikasikan* masih memerlukan penguatan. Meskipun ada peningkatan, mahasiswa masih belum seluruhnya terbiasa menyampaikan informasi dalam format ilmiah yang sistematis. Pelatihan lebih lanjut dalam presentasi, diskusi ilmiah, atau penyusunan laporan perlu diintegrasikan secara eksplisit dalam proyek-proyek PjBL.

Secara keseluruhan, data kuantitatif dan kualitatif ini menunjukkan bahwa integrasi PjBL sangat efektif dalam membangun keterampilan proses sains mahasiswa. Proyek nyata yang menantang mendorong mahasiswa untuk berlatih berpikir kritis, mengamati secara sistematis, dan menyusun kesimpulan berdasarkan bukti empiris. Kegiatan seperti menyusun hipotesis, mengukur waktu reaksi, dan mendiskusikan hasil eksperimen menjadi media yang efektif untuk menginternalisasi proses berpikir ilmiah.

Integrasi PjBL terhadap Pemahaman Konseptual

Integrasi model Project-Based Learning (PjBL) menunjukkan dampak positif yang signifikan terhadap pemahaman konseptual mahasiswa. Berdasarkan hasil uji *paired sample t-test* yang telah dilakukan pada data *pretest* dan *posttest* mahasiswa, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Uji Paired Sample t-test

Parameter	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	Selisih M	<i>t</i>	<i>p-value</i>	Effect Size (Cohen's <i>d</i>)
Skor Pemahaman Konseptual	56,21±10,34	82,86±8,71	26,65	16,33	< 0,001	3,22 (sangat besar)

Perbedaan skor *pretest* dan *posttest* menunjukkan peningkatan signifikan setelah penerapan pembelajaran berbasis proyek. Nilai *p* yang sangat kecil (< 0,001) menunjukkan bahwa perbedaan ini tidak terjadi secara kebetulan. Selain itu, nilai effect size (Cohen's *d* = 3,22) mengindikasikan bahwa pengaruh model PjBL terhadap pemahaman konseptual termasuk dalam kategori sangat besar. Artinya, intervensi melalui PjBL tidak hanya efektif, tetapi juga memberi dampak nyata dalam meningkatkan penguasaan konsep mahasiswa secara substansial.

Penerapan PjBL memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk memahami konsep secara lebih mendalam melalui eksplorasi langsung, kerja kelompok, dan diskusi kritis. Keterlibatan aktif mahasiswa dalam merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi proyek eksperimental berperan penting dalam membentuk pemahaman yang tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga aplikatif. Sebagaimana dijelaskan oleh salah satu mahasiswa, “*Awalnya saya bingung dengan konsep cahaya dan sensitivitas pada hewan, tapi setelah eksperimen dan diskusi kelompok, saya jadi paham kenapa cacing menjauh dari cahaya dan kenapa kulitnya sensitif.*” Pernyataan ini mencerminkan bagaimana pengalaman langsung mampu menginternalisasi konsep yang sebelumnya abstrak.

Keterkaitan antara proyek dan praktik nyata kehidupan (*authentic learning*) juga menjadi jembatan penting dalam meningkatkan daya serap konsep. Mahasiswa tidak sekadar menerima informasi, melainkan membuktikan sendiri teori yang diberikan melalui praktik. Hal ini juga tercermin dari berbagai reaksi mahasiswa saat membandingkan perlakuan berbeda terhadap cacing dan mencatat efeknya terhadap perilaku dan fisiologi. Peningkatan pemahaman konseptual tidak hanya terjadi secara kuantitatif, tetapi juga terlihat dari kualitas refleksi mahasiswa terhadap eksperimen yang mereka lakukan. Banyak mahasiswa menunjukkan pemikiran kritis melalui pertanyaan seperti: “*Apakah semua jenis parfum punya efek yang sama?*” atau “*Mengapa kulit cacing begitu sensitif terhadap bahan kimia?*”

Pembelajaran berbasis proyek menuntut mahasiswa untuk menyusun hipotesis, merancang eksperimen, dan menarik kesimpulan. Proses ini memperkuat struktur pengetahuan karena mahasiswa mengalami sendiri validitas atau kesalahan dalam

pemikiran mereka melalui observasi dan diskusi tim. Dengan adanya bukti statistik yang kuat serta respons reflektif dari peserta didik, dapat disimpulkan bahwa integrasi PjBL secara langsung dan signifikan meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa. Model ini tidak hanya memperluas wawasan konseptual tetapi juga melatih kemampuan berpikir ilmiah dalam situasi nyata.

Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi *Project-Based Learning (PjBL)* dalam pembelajaran sains memberikan dampak yang signifikan terhadap keterlibatan mahasiswa, perkembangan keterampilan proses sains, dan peningkatan pemahaman konseptual. Secara umum, sintaks PjBL, mulai dari orientasi masalah hingga evaluasi dan refleksi, dapat dilaksanakan dengan baik oleh mahasiswa dan menunjukkan peningkatan pada setiap tahapannya. Ini menunjukkan bahwa mahasiswa mampu beradaptasi dan memahami alur berpikir ilmiah dalam konteks eksperimen yang autentik.

Jika ditinjau dari perspektif teori konstruktivisme, sebagaimana dikemukakan oleh Vygotsky, pembelajaran bermakna terjadi melalui interaksi sosial dan aktivitas kontekstual. PjBL memberikan ruang tersebut melalui proyek eksperimental yang dilakukan dalam kelompok, yang memfasilitasi pembentukan pengetahuan melalui diskusi dan eksplorasi bersama. Hasil penelitian ini memperkuat teori tersebut, terutama pada temuan bahwa mahasiswa semakin aktif dalam merancang dan mempresentasikan proyeknya, serta membangun kesimpulan dari data yang diperoleh secara mandiri. Hal ini juga mendukung temuan (Dias-Oliveira et al., 2024) bahwa PjBL efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan berpikir kritis.

Temuan ini juga sejalan dengan berbagai hasil studi sebelumnya. Penelitian oleh (Dwikoranto et al., 2020) menunjukkan bahwa PjBL secara signifikan meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan proses sains. Dalam konteks penelitian ini, hasil uji korelasi Pearson ($r = 0,812$; $p < 0,001$) antara penerapan sintaks PjBL dan keterampilan proses sains menunjukkan bahwa semakin baik implementasi proyek, semakin tinggi kemampuan saintifik mahasiswa. Indikator seperti memprediksi dan menyimpulkan mengalami peningkatan paling signifikan. Ini menunjukkan bahwa melalui pengalaman langsung dalam eksperimen, mahasiswa tidak hanya mengamati fenomena, tetapi juga mampu menggeneralisasi, mengevaluasi, dan merumuskan pemikiran ilmiah secara mandiri.

Dalam aspek pemahaman konseptual, hasil uji paired sample t-test menunjukkan peningkatan yang signifikan ($p < 0,001$) dengan effect size sebesar 3,22 yang tergolong sangat besar. Ini menunjukkan bahwa PjBL bukan hanya memperkuat keterlibatan mahasiswa, tetapi juga memiliki dampak substansial terhadap penguasaan materi. Temuan ini konsisten dengan hasil penelitian oleh (Koes-H & Putri, 2021), yang menunjukkan bahwa mahasiswa dalam kelas berbasis PjBL memiliki pemahaman konseptual yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelas tradisional. Hal ini dapat dijelaskan karena dalam PjBL, mahasiswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, melainkan mengonstruksi pengetahuan melalui pengalaman langsung, investigasi, dan pemecahan masalah nyata.

Dari sisi keterampilan proses sains, penelitian ini juga memperlihatkan bahwa indikator-indikator seperti mengamati dan mengukur menjadi landasan penting bagi keberhasilan eksperimen. Mahasiswa menjadi lebih sistematis dalam melakukan observasi, mengukur waktu, dan mencatat data eksperimen, yang merupakan fondasi dari kegiatan ilmiah. Ini didukung oleh studi oleh Al-Kamzari & Alias (2025) dan Rostami et al., (2024), yang menunjukkan bahwa pengembangan keterampilan proses ilmiah memerlukan interaksi langsung dan kegiatan praktik yang kontekstual, hal yang difasilitasi secara optimal dalam pendekatan PjBL.

Implikasi dari temuan ini cukup luas. Bagi pendidikan calon guru sains, penerapan PjBL secara konsisten dapat menjadi strategi untuk menyiapkan guru

yang tidak hanya menguasai konsep, tetapi juga memiliki kompetensi metodologis dan pedagogis yang kuat (Pozuelo-Muñoz et al., 2023). Mahasiswa belajar bagaimana merancang kegiatan pembelajaran aktif, mengembangkan instrumen observasi, membimbing diskusi kelompok, dan melakukan asesmen formatif berbasis data. Hal ini sangat penting dalam menghadapi tantangan pembelajaran sains masa depan yang menuntut pendekatan kontekstual, kolaboratif, dan berbasis inkuiri.

Lebih jauh, keberhasilan penerapan PjBL dalam penelitian ini juga mendukung teori tentang *active learning environments* yang dikembangkan oleh Prince (Sia et al., 2024), di mana pembelajaran berbasis proyek menciptakan lingkungan belajar yang kaya akan interaksi, *problem solving*, dan pemikiran tingkat tinggi. Dalam konteks kurikulum Merdeka Belajar yang tengah dikembangkan di Indonesia, pendekatan seperti ini sangat relevan untuk membentuk profil pelajar Pancasila yang reflektif, kolaboratif, dan bernalar kritis.

Namun demikian, penelitian ini juga menunjukkan bahwa beberapa aspek seperti kemampuan mengomunikasikan secara ilmiah dan merefleksikan proses masih memerlukan penguatan. Mahasiswa belum terbiasa menyampaikan hasil dalam format ilmiah secara runtut dan sistematis. Oleh karena itu, penting untuk memasukkan pelatihan komunikasi ilmiah sebagai bagian integral dari proyek, serta memberi ruang eksplisit bagi refleksi individu dan kelompok setelah aktivitas eksperimen selesai dilakukan.

Secara keseluruhan, penelitian ini mendukung teori dan temuan sebelumnya tentang efektivitas PjBL dalam pendidikan sains. Penerapan PjBL terbukti bukan hanya meningkatkan hasil belajar secara kuantitatif, tetapi juga memperkaya pengalaman belajar mahasiswa secara kualitatif. Proyek berbasis eksperimen nyata mempertemukan mahasiswa dengan praktik berpikir ilmiah, memungkinkan mereka menjadi subjek aktif dalam proses belajar, dan mempersiapkan mereka sebagai pendidik sains yang profesional dan reflektif.

Kesimpulan

Studi ini menunjukkan bahwa implementasi *Project-Based Learning (PjBL)* secara sistematis memberikan kontribusi signifikan terhadap penguatan keterampilan proses sains dan pemahaman konseptual mahasiswa calon guru PGSD. Setiap tahapan sintaks PjBL mampu mendorong mahasiswa terlibat aktif dalam proses ilmiah, dengan peningkatan rata-rata keterlibatan dari 77,86% menjadi 86,79%. Keterampilan proses sains meningkat secara konsisten pada semua indikator, terutama kemampuan menyimpulkan dan memprediksi, yang menunjukkan kedalaman berpikir ilmiah yang lebih baik. Korelasi yang sangat kuat ($r = 0,812$; $p < 0,001$) antara penerapan PjBL dan keterampilan proses sains menegaskan bahwa PjBL berperan penting dalam menginternalisasi pendekatan saintifik secara menyeluruh. Selain itu, temuan uji t yang menunjukkan peningkatan pemahaman konseptual secara signifikan ($p < 0,001$) dengan effect size yang sangat besar (Cohen's $d = 3,22$), menegaskan bahwa PjBL tidak hanya efektif dari sisi praktik, tetapi juga berdampak besar secara kognitif. Oleh karena itu, PjBL dapat diposisikan sebagai pendekatan pedagogis yang mampu mengintegrasikan keterampilan abad ke-21 ke dalam pembelajaran sains yang lebih kontekstual, reflektif, dan berbasis pengalaman langsung.

Saran

Berdasarkan temuan penelitian ini, disarankan agar implementasi *Project-Based Learning (PjBL)* dioptimalkan dalam pembelajaran sains, khususnya di program pendidikan calon guru, untuk memperkuat keterampilan proses sains dan pemahaman konseptual mahasiswa secara terpadu. Institusi pendidikan tinggi perlu memfasilitasi pelatihan berkelanjutan bagi dosen dalam merancang dan mengelola proyek pembelajaran yang kontekstual dan berbasis fenomena. Selain itu, penelitian

lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi dampak jangka panjang penerapan PjBL terhadap pengembangan berpikir kritis, kreativitas, dan kemampuan transfer konsep ke situasi baru, serta menguji efektivitasnya dalam berbagai konteks pembelajaran dan kelompok peserta didik yang lebih beragam.

Referensi

- Alhapi, L., Isal, R. Y. K., Aji, R. F., Anwas, E. O. M., & Ta'rif. (2024). Strengthening the Role of Local Governments in Implementing the Merdeka Curriculum Policy through Knowledge Management. *Eurasian Journal of Educational Research*, 2024(114), 48–72. <https://doi.org/10.14689/ejer.2024.114.04>
- Al-Kamzari, F., & Alias, N. (2025). A systematic literature review of project-based learning in secondary school physics: theoretical foundations, design principles, and implementation strategies. *Humanities and Social Sciences Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1057/s41599-025-04579-4>
- Atush Sholihah, N. A., Sarwanto, & Aminah, N. S. (2020). Analysis of science process skill in high school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 1567(3). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/3/032081>
- Awini, G., Mensah, K., Majeed, M., Mahmoud, M. A., & Braimah, S. M. (2024). The use of innovative pedagogies in attaining un sustainable development goal 4: Quality education for learning outcomes in emerging markets. In *Digital Analytics Applications for Sustainable Training and Education*.
- Birdman, J., Wiek, A., & Lang, D. J. (2022). Developing key competencies in sustainability through project-based learning in graduate sustainability programs. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 23(5), 1139–1157. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-12-2020-0506>
- Dias-Oliveira, E., Pasion, R., Vieira da Cunha, R., & Lima Coelho, S. (2024). The development of critical thinking, team working, and communication skills in a business school—A project-based learning approach. *Thinking Skills and Creativity*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101680>
- Dwikoranto, Munasir, Setiani, R., Suyitno, Surasmi, W. A., Tresnaningsih, S., & Pramoadi. (2020). Effectiveness of Project Based Laboratory Learning to Increase Student's Science Process Skills and Creativity. *Journal of Physics: Conference Series*, 1491(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1491/1/012006>
- Khoiri, A., Evalina, Komariah, N., Utami, R. T., Paramarta, V., Siswandi, Janudin, & Sunarsi, D. (2021). 4Cs Analysis of 21st Century Skills-Based School Areas. *Journal of Physics: Conference Series*, 1764(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1764/1/012142>
- Koes-H, S., & Putri, N. D. (2021). The Effect of Project-Based Learning in STEM on Students' Scientific Reasoning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1835(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1835/1/012006>
- Lahiff, A., Tilley, E., Broad, J., Roach, K., & Detmer, A. (2019). Disciplinary learning in project-based undergraduate engineering education: The case for new knowledge. *Proceedings of the 8th Research in Engineering Education Symposium, REES 2019 - Making Connections*, 578–587.
- Mota, F. B., Cabral, B. P., Braga, L. A. M., & Lopes, R. M. (2025). Mapping the global research on project-based learning: a bibliometric and network analysis (2014–2024). *Frontiers in Education*, 10. <https://doi.org/10.3389/educ.2025.1522694>
- Muliawan, W., Nahar, W. S., Sebastian, C. E., Yuliza, E., & Khairurrijal. (2016). Implementing Project-based Learning in making a weight meter. *Journal of*

- Physics: Conference Series*, 739(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/739/1/012139>
- Munaf, Y., Ayu, R. P., Akmal, A., Iswandi, Efi, A., & Novaliendry, D. (2025). Transforming Music Education: Evaluating the Impact of the Merdeka Curriculum in Arts Education. *Educational Process: International Journal*, 14. <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.14.62>
- Murnaka, N. P., & Sulistiawati. (2023). Need assessment: Development of 6C skills-oriented interactive mathematics teaching materials for senior high school students. *AIP Conference Proceedings*, 2734(1). <https://doi.org/10.1063/5.0156481>
- Nagamalla, L., Geedipally, V. R., Bandu, U., & Suryadevara, G. (2024). Impact of Project Based Learning (PjBL) on Creativity, Communication, and Adaptability among Engineering Students: A Journey from Classroom to Community for Sustainable Solutions. *Journal of Engineering Education Transformations*, 38(Special Is), 7–15. <https://doi.org/10.16920/jeet/2024/v38is1/24205>
- Nurhayati, Wahyudi, Saputri, D. F., & Trisianawati, E. (2021). The impact of problem-based learning and inquiry models toward students' science process skills on the vibrations and waves chapter. *Journal of Physics: Conference Series*, 1760(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1760/1/012017>
- Okros, A. (2020). Education and Learning. In *Management for Professionals: Vol. Part F572*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25726-2_3
- 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). <https://doi.org/10.3390/educsci13111096>
- Rosanawati, I. M. R., Wardo, W., Djono, D., & Purwanta, H. (2025). Pedagogical Model Innovation Based on Ki Hajar Dewantara's Among System for History Learning in the Merdeka Curriculum. *Educational Process: International Journal*, 14. <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.14.39>
- Rostami, A., Soleimani, H., & Ehsanul Haque, A. K. M. (2024). Towards Education 4.0: Exploring the Potential of Project-Based Learning Through Student-Centric Assessment at Universiti Teknologi PETRONAS. In *Lecture Notes in Educational Technology* (Vol. 2024). https://doi.org/10.1007/978-981-97-4507-4_15
- Sahin, A. (2013). STEM Project-Based Learning: Specialized Form of Inquiry-Based Learning. In *STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach, Second Edition*. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6_7
- Sia, C. W., Idress, M. B., Md Akhir, N. A., Md Jamin, N. H., & Bakar, N. H. A. (2024). Enhancing Students' Engagement and Motivation: Exploring the Impact of Active Learning Approaches in Educational Settings. In *Lecture Notes in Educational Technology* (Vol. 2024). https://doi.org/10.1007/978-981-97-4507-4_24
- Syofyan, H., Rosyid, A., Fadli, M. R., & Yusuff, A. A. (2024). Teacher Readiness Factors that Influence the Implementation of the Merdeka Curriculum in Elementary Schools. *Journal of Curriculum and Teaching*, 13(5), 168–180. <https://doi.org/10.5430/jct.v13n5p168>
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J.-M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., El Hayek, S., Augereau-Landais, M., Mourey, F., Sundquist, D., & Lubart, T. (2023). Creativity, Critical Thinking,

-
- Communication, and Collaboration: Assessment, Certification, and Promotion of 21st Century Skills for the Future of Work and Education. *Journal of Intelligence*, 11(3). <https://doi.org/10.3390/jintelligence11030054>
- Yusri, R., Yusof, A. M., & Sharina, A. (2024). A systematic literature review of project-based learning: research trends, methods, elements, and frameworks. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 13(5), 3345–3359. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i5.27875>
- Zhang, Y., Mu, G. M., & Hu, Y. (2024). Gauging 21st Century Competencies of Chinese Students: A Rural-Urban Comparative Perspective. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 17(2), 344–364. <https://doi.org/10.1080/19345747.2023.2181245>