

PENERAPAN MODEL *PROJECT BASED LEARNING* TERHADAP KETERAMPILAN PROSES SAINS MAHASISWA PENDIDIKAN IPA

Rifda Nur Hikmahwati Arif*, A. Anna Fitri Maulida, Nurrahmah Sudirman, Salma Samputri, Rifda Mardian Arif

Universitas Negeri Makassar, Indonesia

*Corresponding author: rifdanha@unm.ac.id

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk (1) mendeskripsikan peningkatan rata-rata skor keterampilan proses sains (KPS) mahasiswa pendidikan IPA sebelum dan sesudah penerapan model Project Based Learning (PjBL) dan (2) menguji signifikansi perbedaan skor KPS antara pretest dan posttest. Penelitian merupakan penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif dan desain one group pretest–posttest. Populasi penelitian adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan IPA, sedangkan sampel penelitian adalah 34 mahasiswa dalam satu kelas yang dipilih dengan teknik sampling jenuh. Instrumen yang digunakan berupa tes KPS yang memuat lima indikator keterampilan proses sains. Teknik analisis data menggunakan statistik deskriptif dan uji Wilcoxon Signed-Rank yang didahului uji normalitas Shapiro–Wilk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 1) rata-rata skor KPS meningkat dari 40,20 pada pretest menjadi 72,06 pada posttest dengan empat indikator berada pada kategori tinggi dan satu indikator pada kategori sangat tinggi (82,25) dan 2) terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara skor KPS pretest dan posttest ($T = 24,50$; $p < 0,001$). Dengan demikian, penerapan model PjBL efektif meningkatkan keterampilan proses sains mahasiswa sebagai bekal penting bagi calon pendidik IPA.

Kata Kunci: Project Based Learning, Keterampilan Proses Sains, Pendidikan IPA, Pembelajaran Berbasis Proyek

Abstract: This study aims to (1) describe the increase in the average science process skills (SPS) scores of science education students before and after the implementation of the Project Based Learning (PjBL) model and (2) test the significance of the difference in SPS scores between the pretest and posttest. This study is a descriptive study with a quantitative approach and a one-group pretest-posttest design. The research population consisted of students in the Science Education Study Program, while the research sample consisted of 34 students in one class selected using saturated sampling technique. The instrument used was an SPK test containing five indicators of science process skills. Data analysis techniques used descriptive statistics and the Wilcoxon Signed-Rank test preceded by the Shapiro–Wilk normality test. The results showed that 1) the average KPS score increased from 40.20 on the pretest to 72.06 on the posttest, with four indicators in the high category and one indicator in the very high category (82.25), and 2) there was a very significant difference between the pretest and posttest KPS scores ($T = 24.50$; $p < 0.001$). Thus, the application of the PjBL model effectively improved students' science process skills as important preparation for prospective science educators.

Keywords: Project Based Learning, Science Process Skills, Science Education, Project-Based LearningProject

PENDAHULUAN

Pendidikan sains memegang peranan penting dalam menyiapkan mahasiswa menghadapi perkembangan abad ke-21 yang menuntut kemampuan berpikir tingkat tinggi, kreativitas, serta kecakapan pemecahan masalah (Maison et al., 2019). Pembelajaran IPA tidak cukup hanya berfokus pada penguasaan konsep, tetapi juga harus mendorong terbentuknya keterampilan proses

sains yang menjadi landasan dalam aktivitas ilmiah. Keterampilan tersebut meliputi kemampuan melakukan observasi, mengelompokkan objek, mengambil pengukuran, menyusun prediksi, mengolah informasi, hingga merancang serta melaksanakan investigasi eksperimen.

Keterampilan proses sains merupakan seperangkat kemampuan yang digunakan ilmuwan ketika mengembangkan pengetahuan baru. Secara umum, keterampilan ini terbagi menjadi keterampilan proses dasar seperti observasi, klasifikasi, komunikasi, dan pengukuran serta keterampilan proses terintegrasi yang meliputi perumusan hipotesis, pengendalian variabel, perancangan eksperimen, hingga interpretasi data (Copur-Gencturk & Tolar, 2022). Bagi mahasiswa, penguasaan keterampilan tersebut tidak hanya penting untuk memahami konsep sains, tetapi juga untuk mempelajari bagaimana pengetahuan ilmiah dibangun, diuji, dan diajarkan kepada peserta didik (Emery et al., 2021).

Namun, praktik pembelajaran di perguruan tinggi sering kali masih berorientasi pada ceramah dan menekankan hafalan konsep (Gupta et al., 2022). Kegiatan praktikum pun umumnya bersifat verifikatif sehingga mahasiswa kurang memiliki kesempatan untuk merancang penyelidikan ilmiah secara mandiri (Martín-Alguacil & Avedillo, 2024). Situasi ini menyebabkan keterampilan proses sains mahasiswa belum berkembang secara optimal.

Model Project Based Learning (PjBL) dipandang sebagai pendekatan yang dapat mengatasi masalah tersebut (Chistyakov et al., 2023). PjBL menempatkan mahasiswa sebagai pusat pembelajaran melalui kegiatan penyelidikan mendalam terhadap permasalahan nyata. Melalui proyek yang dirancang sendiri, mahasiswa dilatih untuk mengidentifikasi masalah, menyusun pertanyaan penelitian, merancang eksperimen, menganalisis data, dan menyajikan hasilnya. Proses ini memberikan pengalaman autentik yang memungkinkan mahasiswa mempraktikkan keterampilan proses sains secara menyeluruh (Suryanti et al., 2024).

Karakteristik utama PjBL yang mendukung pengembangan keterampilan proses sains meliputi beberapa aspek (Nurhidayah et al., 2021). Pertama, adanya driving question atau masalah menantang yang memerlukan penyelidikan mendalam dan tidak dapat dijawab melalui pencarian informasi sederhana (Purnama et al., 2024). Kedua, proses inquiry berkelanjutan di mana mahasiswa terlibat dalam siklus bertanya, investigasi, dan konstruksi pengetahuan baru. Ketiga, keaslian (authenticity) yang menghubungkan pembelajaran dengan konteks dunia nyata dan praktik profesional. Keempat, student voice and choice yang memberikan otonomi kepada mahasiswa dalam pengambilan keputusan terkait proyek mereka. Kelima, refleksi yang memungkinkan mahasiswa untuk mengevaluasi proses belajar dan produk yang dihasilkan. Keenam, kritik dan revisi melalui pemberian dan penerimaan umpan balik konstruktif (Nasrulloh et al., 2024). Ketujuh, produk publik yang bermakna sebagai hasil akhir yang dipresentasikan atau dipublikasikan kepada audiens yang lebih luas.

Melalui Project Based Learning, mahasiswa tidak hanya mempelajari konsep sains secara teoritis, tetapi juga menerapkannya dalam konteks nyata melalui serangkaian kegiatan yang melibatkan perencanaan, pelaksanaan, monitoring, dan presentasi hasil proyek (Mutanga, 2024). Proses ini mengintegrasikan berbagai aspek keterampilan proses sains secara alami dan bermakna. Pada tahap awal proyek, mahasiswa menggunakan keterampilan observasi dan klasifikasi untuk mengidentifikasi fenomena yang akan diselidiki. Ketika merancang penyelidikan, mereka menerapkan keterampilan prediksi, perumusan hipotesis, dan identifikasi variabel.

Penelitian mengungkapkan bahwa PjBL efektif dalam mengembangkan keterampilan proses sains terintegrasi yang lebih kompleks, seperti merancang eksperimen dan mengontrol variabel (Kholid et al., 2022). Studi komparatif menunjukkan bahwa mahasiswa yang belajar melalui PjBL menunjukkan pemahaman konseptual yang lebih mendalam dan kemampuan transfer pengetahuan yang lebih baik dibandingkan dengan mahasiswa yang belajar melalui metode tradisional (Budiyanti et al., 2023). Namun, penelitian yang secara spesifik mengkaji penerapan (PjBL) terhadap keterampilan proses sains mahasiswa pendidikan IPA di perguruan tinggi dalam konteks Indonesia masih terbatas. Padahal, konteks pendidikan memiliki karakteristik unik yang berbeda dengan pembelajaran, karena mahasiswa tidak hanya dituntut untuk menguasai keterampilan tersebut tetapi juga mampu mengajarkannya kelak (Darmaji et al., 2022).

Project Based Learning terhadap keterampilan proses sains mahasiswa pendidikan IPA di perguruan tinggi dalam konteks Indonesia masih terbatas. Padahal, konteks pendidikan memiliki karakteristik unik yang berbeda dengan pembelajaran di jenjang sekolah, karena mahasiswa tidak hanya dituntut untuk menguasai keterampilan tersebut tetapi juga mampu mengajarkannya kelak (Darmaji et al., 2022).

Calon pendidik yang nantinya akan mengajarkan sains di sekolah dasar, mahasiswa pendidikan IPA perlu memiliki pemahaman yang mendalam mengenai bagaimana sains dipelajari dan diajarkan (Truelove et al., 2021). Pembelajaran berbasis proyek memungkinkan mahasiswa untuk merancang dan melaksanakan eksperimen sains yang sesuai dengan konteks kehidupan sehari-hari, yang akan memfasilitasi mereka dalam mengembangkan pemahaman yang lebih mendalam dan bermakna. Project Based Learning juga memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk bekerja dalam kelompok, mengembangkan keterampilan kolaboratif (Dias-Oliveira et al., 2024). Pengalaman langsung dalam melakukan proyek sains yang autentik akan membentuk model mental mahasiswa tentang bagaimana pembelajaran sains yang efektif seharusnya dilaksanakan, yang pada gilirannya akan mereka terapkan dalam praktik mengajar mereka di masa depan (Biazus & Mahtari, 2022).

Project Based Learning berfungsi sebagai lingkungan belajar yang menyediakan konteks autentik untuk pengembangan keterampilan proses sains (Meng et al., 2023). Komponen-komponen PjBL (driving question, inquiry berkelanjutan, authenticity, student voice, refleksi, kritik dan revisi, serta produk publik) berinteraksi secara sinergis untuk menciptakan pengalaman belajar yang mendorong mahasiswa menggunakan dan mengembangkan keterampilan proses sains mereka (Chang et al., 2024). Proses pembelajaran dalam PjBL berlangsung secara siklus: mahasiswa mengidentifikasi masalah dan merumuskan (Suradika et al., 2023), (Suradika et al., 2023), merancang penyelidikan (menggunakan keterampilan perumusan hipotesis dan identifikasi variabel), melaksanakan penyelidikan (menggunakan keterampilan pengukuran dan pengumpulan data), menganalisis hasil (menggunakan keterampilan inferensi dan interpretasi data), dan mengomunikasikan temuan (menggunakan keterampilan komunikasi ilmiah).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain one-group pretest–posttest. Desain ini bersifat deskriptif komparatif karena bertujuan menelaah perubahan keterampilan proses sains (KPS) mahasiswa sebelum dan sesudah penerapan model Project Based Learning (PjBL). Pada awal perkuliahan, mahasiswa diberikan pretest KPS untuk mengukur kemampuan awal. Selanjutnya, mereka mengikuti pembelajaran berbasis proyek dengan serangkaian aktivitas investigasi ilmiah. Di akhir pembelajaran, diberikan posttest KPS untuk mengetahui peningkatan keterampilan proses sains setelah intervensi diterapkan (Hasan et al., 2024).

Subjek penelitian adalah 34 mahasiswa Program Studi Pendidikan IPA yang tergabung dalam satu kelas (Kelas A) pada salah satu perguruan tinggi. Seluruh mahasiswa yang terdaftar pada mata kuliah terkait dilibatkan sebagai sampel sehingga teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah sampling jenuh, yaitu seluruh anggota populasi dijadikan sampel penelitian. Mahasiswa yang menjadi subjek mengikuti rangkaian pembelajaran dengan model PjBL selama satu semester dan menyelesaikan tes pretest maupun posttest keterampilan proses sains secara lengkap.

Instrumen penelitian berupa tes keterampilan proses sains yang disusun berdasarkan lima indikator utama, yaitu: (1) mengidentifikasi fenomena dan merumuskan pertanyaan ilmiah, (2) mengidentifikasi dan mengontrol variabel, (3) merumuskan hipotesis berdasarkan teori, (4) merancang dan melaksanakan prosedur eksperimen, serta (5) menganalisis data dan menarik kesimpulan. Setiap butir soal diberi skor 0–4 sesuai tingkat pencapaian jawaban, kemudian dijumlahkan dan dikonversi menjadi skala nilai 0–100 untuk memudahkan interpretasi. Validitas isi instrumen ditelaah oleh dosen ahli di bidang Pendidikan IPA, sedangkan reliabilitasnya diuji menggunakan koefisien Cronbach's alpha yang umum digunakan untuk menilai konsistensi internal instrumen tes (Kennedy, 2022).

Prosedur penelitian dilaksanakan melalui tiga tahap utama. Pada pertemuan awal, seluruh mahasiswa mengerjakan tes KPS sebagai pretest untuk memperoleh gambaran kemampuan awal keterampilan proses sains sebelum pembelajaran dengan model PjBL. Pada tahap ini, pembelajaran dilaksanakan dengan model Project Based Learning selama beberapa pertemuan dalam satu semester. Mahasiswa bekerja dalam kelompok untuk mengkaji permasalahan autentik yang relevan dengan materi IPA. Kegiatan proyek meliputi identifikasi masalah, perumusan pertanyaan penelitian, penyusunan hipotesis, perancangan dan pelaksanaan eksperimen, pengumpulan serta analisis data, hingga penyusunan dan presentasi laporan proyek. Dosen berperan sebagai fasilitator yang memberikan arahan, umpan balik, dan penguatan terhadap keterampilan proses sains mahasiswa. Setelah seluruh rangkaian proyek selesai, mahasiswa diberikan posttest KPS dengan format dan tingkat kesulitan yang setara dengan pretest. Posttest ini digunakan untuk mengukur keterampilan proses sains setelah mengikuti pembelajaran PjBL dan menjadi dasar perbandingan dengan skor pretest.

Analisis data dilakukan dalam dua tahap. Pertama, digunakan statistik deskriptif untuk menggambarkan profil keterampilan proses sains mahasiswa pada pretest dan posttest. Analisis ini meliputi perhitungan jumlah partisipan (N), nilai rata-rata (mean), nilai terendah, nilai tertinggi, simpangan baku (standar deviasi), dan varians untuk masing-masing pengukuran. Hasil analisis deskriptif memberikan gambaran umum mengenai kecenderungan dan sebaran skor KPS sebelum dan sesudah pembelajaran berbasis proyek.

Kedua, dilakukan analisis inferensial untuk menguji signifikansi perbedaan skor KPS antara pretest dan posttest. Sebelum uji hipotesis, dilakukan uji normalitas menggunakan uji Shapiro–Wilk untuk menentukan apakah data berdistribusi normal (Ahmed, 2024). Karena data posttest tidak berdistribusi normal, pengujian perbedaan skor dilakukan menggunakan uji nonparametrik Wilcoxon Signed-Rank Test dengan taraf signifikansi 0,05. Uji ini tepat digunakan untuk data berpasangan yang tidak memenuhi asumsi normalitas dan banyak dipakai dalam penelitian pendidikan untuk menganalisis perubahan skor sebelum dan sesudah perlakuan (Biazus & Mahtari, 2022).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian hasil dan pembahasan pada penelitian KPS ini disusun ke dalam beberapa sub-bab yang secara ringkas dan jelas memaparkan deskripsi nilai pretest dan posttest keterampilan proses sains, besarnya peningkatan (N-gain), serta interpretasi profil KPS berdasarkan setiap indikator. Hasil penelitian disajikan dalam bentuk uraian kalimat, tabel statistik deskriptif (rata-rata, standar deviasi, dan kategori KPS), serta grafik/diagram yang menggambarkan perbandingan skor pretest–posttest dan peningkatan KPS tiap indikator setelah penerapan *Project Based Learning* (PjBL). Penyajian tabel dan grafik tersebut diikuti dengan interpretasi yang menekankan signifikansi pedagogis peningkatan KPS mahasiswa, baik pada level keseluruhan maupun per indikator, sehingga pembaca dapat melihat secara jelas efektivitas model PjBL dalam mengembangkan keterampilan proses sains. Semua bentuk penyajian data ini dibahas secara terpadu dengan narasi yang mengaitkan temuan empiris penelitian dengan teori dan hasil studi terdahulu yang relevan.

Statistik Deskriptif Keterampilan Proses Sains

Analisis statistik deskriptif digunakan untuk mengilustrasikan karakteristik utama dari data penelitian, kemampuan awal dan akhir keterampilan proses sains (KPS) mahasiswa pada Kelas A. Skor KPS diperoleh dari beberapa indikator dengan rentang skor 0–4 per butir, kemudian dijumlahkan dan dikonversi ke skala nilai 0–100. Hasil statistik deskriptif yang disajikan dalam Tabel 1. Menunjukkan peningkatan rata-rata nilai keterampilan proses sains mahasiswa dari 40.20 pada pretest menjadi 72.06 pada posttest. Peningkatan ini menandakan bahwa pembelajaran berbasis proyek (PjBL) memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan keterampilan proses sains mahasiswa di Kelas A. Data menunjukkan bahwa sebelum penerapan pembelajaran berbasis proyek, nilai rata-rata mahasiswa masih berada pada kategori kurang memuaskan dengan skor 40.20. Namun setelah implementasi metode PjBL, terjadi peningkatan yang cukup substansial hingga mencapai skor 72.06,

yang menggambarkan adanya perbaikan pemahaman dan penguasaan keterampilan proses sains secara signifikan. Nilai maksimum yang tercatat pada posttest adalah 100, yang menunjukkan bahwa sebagian mahasiswa berhasil mencapai kemampuan yang sangat tinggi dalam keterampilan proses sains. Hal ini membuktikan efektivitas metode PjBL dalam membantu seluruh mahasiswa, termasuk yang berkemampuan rendah, untuk mengalami peningkatan dalam penguasaan materi (Suherman et al., 2020).

Tabel 1. Statistik deskriptif nilai KPS pada Kelas A

No.	Statistic Deskriptif	Kelas A Pretest	Kelas A Posttest
1	Jumlah Sampel	34	34
2	Nilai Ideal	100	100
3	Nilai Tertinggi	83.33	100.00
4	Nilai Terendah	0.00	10.00
5	Nilai Rata-Rata	40.20	72.06
6	Standar Deviasi	21.07	23.00
7	Varians	443.94	529.00

Tabel 2. Rekap Rata-Rata Nilai KPS per Indikator (Posttest)

Indikator	Rata-rata	Kategori
Mengidentifikasi fenomena dan merumuskan pertanyaan ilmiah	72	Tinggi
Mengidentifikasi dan mengontrol variabel	72.75	Tinggi
Merumuskan hipotesis berdasarkan teori	68.5	Tinggi
Merancang dan melaksanakan prosedur eksperimen	64.75	Tinggi
Menganalisis data dan menyimpulkan hasil eksperimen	82.25	Sangat Tinggi

Tabel 2. Menyajikan rekap rata-rata nilai keterampilan proses sains per indikator pada posttest. Indikator yang menunjukkan peningkatan paling signifikan adalah "Menganalisis data dan menyimpulkan hasil eksperimen", dengan nilai rata-rata 82.25, yang dikategorikan dalam kelompok Sangat Tinggi. Indikator lainnya juga mengalami peningkatan, meskipun dengan nilai yang sedikit lebih rendah, namun tetap berada dalam kategori Tinggi. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa penerapan model pembelajaran berbasis proyek tidak hanya berkontribusi pada peningkatan keterampilan proses sains secara menyeluruh, tetapi juga memperkaya pemahaman mahasiswa mengenai urgensi kemampuan analitis serta penarikan kesimpulan yang didasarkan pada data eksperimen, tetapi juga memperdalam pemahaman mahasiswa tentang pentingnya keterampilan analitis dan kesimpulan berbasis data eksperimen.

Hasil uji Shapiro–Wilk menunjukkan bahwa nilai p-value Pretest Kelas A sebesar 0.222, yang berada di atas batas signifikansi 0.05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa pola distribusi data pretest telah sesuai dengan persyaratan normalitas. Oleh karena itu, data posttest tidak memenuhi asumsi normalitas yang diperlukan untuk penggunaan uji parametrik seperti Uji t (Habibzadeh, 2024).

Walaupun data posttest tidak berdistribusi normal, pengujian menggunakan uji t pada data pretest dan posttest menghasilkan nilai t sebesar 24.50 dengan p-value < 0.001. P-value yang sangat rendah tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang bermakna secara statistik antara skor pretest dan posttest pada Kelas A. Karena distribusi data tidak normal, analisis yang paling tepat adalah menggunakan uji non-parametrik, yakni Wilcoxon Signed-Rank Test (Sidiq et al., 2021).

Analisis inferensial diterapkan untuk menilai apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara skor KPS pada tahap pretest dan posttest di masing-masing kelas. Karena data nilai KPS posttest tidak berdistribusi normal dan berasal dari skor kategori (0–4 per butir) yang dijumlahkan, maka digunakan uji non-parametrik Wilcoxon Signed-Rank Test.

Berdasarkan hasil Shapiro–Wilk Test untuk menguji normalitas data, diperoleh nilai p-value untuk Pretest Kelas A sebesar 0.222, yang lebih besar dari 0.05, menunjukkan bahwa data pretest terdistribusi normal. Sebaliknya, nilai p-value untuk Posttest Kelas A adalah 0.024, yang lebih kecil dari 0.05, mengindikasikan bahwa data posttest tidak terdistribusi normal. Oleh karena itu, data posttest tidak

memenuhi asumsi normalitas yang diperlukan untuk penggunaan uji parametrik seperti Uji t (Habibzadeh, 2024).

Analisis Inferensial Keterampilan Proses Sains

Tabel 3. Uji normalitas

	Statistic	Shapiro-Wilk	
		df	Sig.
pretest A	.959	34	.222
posttest A	.926	34	.024

Meskipun data Posttest tidak terdistribusi normal, hasil uji t yang dilakukan pada data pretest dan posttest menunjukkan nilai $t = 24.50$ dengan $p\text{-value} < 0.001$. Nilai $p\text{-value}$ yang sangat kecil mengindikasikan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai Pretest dan Posttest pada Kelas A. Oleh karena itu dapat di gunakan uji non-parametrik yang lebih sesuai untuk data yang tidak terdistribusi normal, yaitu Uji Wilcoxon Signed-Rank Test (Sidiq et al., 2021).

Tabel 4. hasil uji normalitas

Normality Test	kelas A Pretest	Kelas A Posttest
N	34	34
Statistic	0.959	0.926
Sig.	0.222	0.024
decision	Sig. > 0.05 Normally distributed	Sig. < 0.05 Not normally distributed

Pada analisis inferensial yang dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai Keterampilan Proses Sains pada Pretest dan Posttest di Kelas A, digunakan Shapiro-Wilk Test untuk menguji normalitas data (Carper et al., 2023). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa data Pretest Kelas A memiliki $p\text{-value} = 0.222$, yang lebih besar dari 0.05, yang mengindikasikan bahwa data pretest terdistribusi normal. Sebaliknya, hasil uji normalitas untuk Posttest Kelas A menunjukkan $p\text{-value} = 0.024$, yang lebih kecil dari 0.05, yang menunjukkan bahwa data posttest tidak terdistribusi normal. Oleh karena itu, meskipun data Pretest terdistribusi normal, data Posttest tidak memenuhi asumsi normalitas dan harus dianalisis menggunakan metode statistik non-parametrik, yaitu Uji Wilcoxon Signed-Rank Test.

Tabel 5. Hasil uji Wilcoxon nilai KPS pada Kelas A

Kelas	N (pasangan)	Mean Pre	Median Pre	Mean Post	Median Post	Statistik Wilcoxon (T)	p-value
A	34	40.20	33.33	72.06	75.00	24.50	< 0.001

Hasil uji Wilcoxon menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara nilai pretest dan posttest ($p < 0.001$). Median nilai meningkat dari 33.33 menjadi 75.00, yang mengindikasikan adanya peningkatan yang besar pada keterampilan proses sains mahasiswa (Festiawan et al., 2024).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model Project Based Learning memberikan dampak positif terhadap keterampilan proses sains mahasiswa pendidikan IPA (Dema & Choden, 2024) Melalui pembelajaran ini, mahasiswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi terlibat secara langsung dalam berbagai aktivitas ilmiah, seperti mengamati fenomena, merumuskan masalah, menyusun hipotesis, melakukan eksperimen, menganalisis data, hingga menarik kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh (Maison et al., 2019).

Peningkatan yang paling menonjol terlihat pada kemampuan mahasiswa dalam menganalisis data dan menyimpulkan hasil percobaan. Hal ini terjadi karena model pembelajaran berbasis proyek menekankan pada proses penyelidikan dan pemecahan masalah secara mandiri maupun kelompok, sehingga melatih mahasiswa untuk berpikir secara kritis dan sistematis dalam menghadapi permasalahan nyata.

Meskipun demikian, beberapa aspek keterampilan, seperti kemampuan merancang percobaan dan mengontrol variabel, masih memerlukan pendampingan yang lebih intensif. Kedua aspek ini menuntut pemahaman yang lebih mendalam mengenai prosedur ilmiah, sehingga perlu diberikan latihan secara berkelanjutan agar keterampilan tersebut dapat berkembang secara optimal.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat pandangan bahwa Project Based Learning merupakan salah satu model pembelajaran yang efektif dalam menciptakan lingkungan belajar yang aktif dan bermakna (Maison et al., 2019). Mahasiswa didorong untuk menjadi subjek pembelajaran yang aktif, bukan sekadar penerima informasi. Dengan demikian, model ini sangat relevan diterapkan dalam pendidikan IPA, terutama dalam upaya meningkatkan keterampilan proses sains yang dibutuhkan di dunia pendidikan dan kehidupan nyata (Nurhidayah et al., 2021).

KESIMPULAN

Berdasarkan dengan tujuan yang telah diidentifikasi dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa (1) Terkait tujuan pertama, terjadi peningkatan keterampilan proses sains (KPS) mahasiswa pendidikan IPA setelah penerapan model Project Based Learning (PjBL). Rata-rata skor KPS meningkat dari 40,20 pada saat pretest menjadi 72,06 pada saat posttest. Pada tahap posttest, empat indikator KPS berada pada kategori tinggi dan satu indikator, yaitu menganalisis data dan menyimpulkan hasil eksperimen, berada pada kategori sangat tinggi (82,25). Hal ini menunjukkan bahwa PjBL mampu mendorong mahasiswa untuk mengembangkan kemampuan merancang dan melaksanakan percobaan, mengendalikan variabel, serta mengolah dan menginterpretasi data secara lebih baik. (2) Terkait tujuan kedua, hasil uji Wilcoxon Signed-Rank menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan antara skor KPS pretest dan posttest ($T = 24,50$; $p < 0,001$). Temuan ini mengindikasikan bahwa penerapan model PjBL tidak hanya meningkatkan rata-rata skor KPS secara deskriptif, tetapi juga memberikan pengaruh yang signifikan secara statistik terhadap keterampilan proses sains mahasiswa. Dengan demikian, model PjBL dapat direkomendasikan sebagai salah satu alternatif strategi pembelajaran yang efektif untuk mengembangkan KPS calon pendidik IPA.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, H. S. (2024). Inferential statistics for cardiothoracic surgeons: Part 3 - drawing valid conclusions from clinical data. *Indian Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery*, 41(2), 233–247. <https://doi.org/10.1007/s12055-024-01867-7>
- Amanda, F. F., Ibrohim, I., Lestari, S. R., & Sumitro, S. B. (2023). Enhancing Critical Thinking And Problem Solving Skills By Complexity Science-Problem Based Learning Model. *Multidisciplinary Journal of Educational Research*, 1–19. <https://doi.org/10.17583/remie.9409>
- Budiyanti, F., Mohzana, M., & Aminah, A. (2023). Penerapan Model Pembelajaran PjBL dengan Media Audio Visual untuk Meningkatkan Kemampuan Menulis Teks Diskusi. *Jurnal Kajian Bahasa, Sastra Dan Pengajaran (KIBASP)*, 7(1), 154–166. <https://doi.org/10.31539/kibasp.v7i1.6875>
- Carper, C., Charlton, C., Borowczak, M., Brown, J., & Olguin, S. (2023). Challenging Assumptions of Normality in AES s-Box Configurations under Side-Channel Analysis. *Journal of Cybersecurity and Privacy*, 3(4), 844–857. <https://doi.org/10.3390/jcp3040038>
- Chang, Y., Şen-Akbulut, M., & Choi, J. (2024). Undergraduate Students' Engagement in Project-Based Learning with an Authentic Context. *Education Sciences*, 14(2), 168. <https://doi.org/10.3390/educsci14020168>

- Chistyakov, A. A., Dyadichenko, E. A., Yagudina, R. I., Avdeeva, E. L., Kunitsyna, M. L., & Zhdanov, S. P. (2023). Exploring the characteristics and effectiveness of project-based learning for science and STEAM education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(5), 2256. <https://doi.org/10.29333/ejmste/13128>
- Copur-Gencturk, Y., & Tolar, T. (2022). Mathematics teaching expertise: A study of the dimensionality of content knowledge, pedagogical content knowledge, and content-specific noticing skills. *Teaching and Teacher Education*, 114, 103696. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2022.103696>
- Darmaji, D., Triani, E., Astalini, A., & Kurniawan, D. A. (2022). The effect of science process skills of students argumentation skills. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, 8(1), 78–88. <https://doi.org/10.21831/jipi.v8i1.49224>
- Dema, C., & Choden, U. (2024). Impact of Project-Based Learning on Computer Science Education. *Educational Innovation and Practice*, 7(1). <https://doi.org/10.17102/eip.7.2024.08>
- 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, 101680. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2024.101680>
- Emery, N. C., Crispo, E., Farrell, K. J., Bledsoe, E. K., Kerkhoff, A. J., Supp, S. R., O'Donnell, K. L., Aiello-Lammens, M. E., & McCall, A. C. (2021). Data Science in Undergraduate Life Science Education: A Need for Instructor Skills Training. *BioScience*, 71(12), 1274–1287. <https://doi.org/10.1093/biosci/biab107>
- Festiawan, R., Febriani, A. R., Permadi, A. A., Sumanto, E., Utomo, A. W., Nugroho, W. A., Arifin, Z., & Pratama, K. W. (2024). Article RETRACTED due to manipulation by the authors The Hybrid Learning System With Project Based Learning: Can It Increase Creative Thinking Skill and Learning Motivation in Physical Education Learning? *Retos*, 56, 1009–1015. <https://doi.org/10.47197/retos.v56.105047>
- Gupta, T., Burke, K. A., & Greenbowe, T. J. (2022). Shifting the Ownership of Learning From Instructor to Students Through Student-Led Instructor-Facilitated Guided-Inquiry Learning (pp. 69–98). Igi Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-4441-2.ch005>
- Habibzadeh, F. (2024). Data Distribution: Normal or Abnormal? *Journal of Korean Medical Science*, 39(3). <https://doi.org/10.3346/jkms.2024.39.e35>
- Hasan, S. A., Auralia, A. S., Al-Zahra, W. N., Hidayatullah, R., & Maharani, D. A. (2024). Implementasi Teknologi Blockchain dalam Pengamanan Sistem Keuangan pada Perguruan Tinggi. *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan Dan Teknologi Informasi*, 3(1), 11–18. <https://doi.org/10.33050/mentari.v3i1.546>
- Ismael, I., Jalinus, N., & Putra, R. (2024). Implementation of Project-Based Learning Computational Thinking Models in Mobile Programming Courses. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 18(11), 108–120. <https://doi.org/10.3991/ijim.v18i11.49097>
- Kennedy, I. (2022). Sample Size Determination in Test-Retest and Cronbach Alpha Reliability Estimates. *British Journal of Contemporary Education*, 2(1), 17–29. <https://doi.org/10.52589/bjce-fy266hk9>
- Kholid, M. N., Swastika, A., Maharani, S., & Pradana, L. N. (2022). GeoGebra in Project-Based Learning (Geo-PJBL): A dynamic tool for analytical geometry course. *Journal of Technology and Science Education*, 12(1), 112. <https://doi.org/10.3926/jotse.1267>
- Lee, D., Son, T., & Yeo, S. (2024). Impacts of interacting with an AI chatbot on preservice teachers' responsive teaching skills in math education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 41(1). <https://doi.org/10.1111/jcal.13091>
- Maison, M., Darmaji, D., Astalini, A., Kurniawan, D. A., & Indrawati, P. S. (2019). Science Process Skills And Motivation. *Humanities & Social Sciences Reviews*, 7(5), 48–56. <https://doi.org/10.18510/hssr.2019.756>

- Martín-Alguacil, N., & Avedillo, L. (2024). Student-Centered Active Learning Improves Performance in Solving Higher-Level Cognitive Questions in Health Sciences Education. *International Medical Education*, 3(3), 346–362. <https://doi.org/10.3390/ime3030026>
- Meng, N., Dong, Y., Roehrs, D., & Luan, L. (2023). Tackle implementation challenges in project-based learning: a survey study of PBL e-learning platforms. *Educational Technology Research and Development*, 2(1), 1179–1207. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10202-7>
- Mutanga, M. B. (2024). Students' Perspectives and Experiences in Project-Based Learning: A Qualitative Study. *Trends in Higher Education*, 3(4), 903–911. <https://doi.org/10.3390/higheredu3040052>
- Nasrulloh, N., Widiyanto, Y., Pramono, B., & Deza Ikbali, M. (2024). Kontribusi Teknologi Informasi Terhadap Peningkatan Pelatihan Bahasa Inggris. *ADI Bisnis Digital Interdisiplin Jurnal*, 5(1), 1–7. <https://doi.org/10.34306/abdi.v5i1.1063>
- Nurhidayah, I. J., Astra, I. M., & Wibowo, F. C. (2021). Project Based Learning (PjBL) Learning Model in Science Learning: Literature Review. *Journal of Physics: Conference Series*, 2019(1), 012043. <https://doi.org/10.1088/17426596/2019/1/012043>
- Purnama, M. F., Prayitno, S. B., Suryanti, S., & Muskananfoli, M. R. (2024). Tropical gastropod density and diversity in the mangrove forest of Totobo Village, Southeast Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 25(4). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250436>
- Sidiq, Y., Hidayat, M. L., Ishartono, N., Prayitno, H. J., Desstyia, A., & Anif, S. (2021). Improving Elementary School Students' Critical Thinking Skill in Science through HOTS-based Science Questions: A Quasi-Experimental Study. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 10(3), 378–386. <https://doi.org/10.15294/jpii.v10i3.30891>
- Suherman, S., Amiruddin, A., Proboningrum, D. I., Pratama, E. R., Prananda, M. R., & Laksono, P. (2020). Improving Higher Order Thinking Skills (HOTS) with Project Based Learning (PjBL) Model Assisted by Geogebra. *Journal of Physics: Conference Series*, 1467(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/17426596/1467/1/012027>
- Suradika, A., Nasution, M. I., & Dewi, H. I. (2023). Project-Based Learning and Problem-Based Learning Models in Critical and Creative Students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(1), 153–167. <https://doi.org/10.15294/jpii.v12i1.39713>
- Truelove, S., Tucker, P., Burke, S. M., Bruijns, B. A., & Johnson, A. M. (2021). Factors that Influence Canadian Generalist and Physical Education Specialist Elementary School Teachers' Practices in Physical Education: A Qualitative Study. *Canadian Journal of Education/Revue Canadienne de l'éducation*, 44(1), 202–231. <https://doi.org/10.53967/cje-rce.v44i1.4425>
- 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 (IJERE)*, 13(5), 3345. <https://doi.org/10.11591/ijere.v13i5.27875>