

**EFEKTIVITAS *PROJECT BASED LEARNING* TERINTEGRASI STEAM
BERBASIS OBE TERHADAP HASIL BELAJAR DAN KREATIVITAS
MAHASISWA TEKNIK MESIN PADA MATA KULIAH
MEKANIKA FLUIDA**

***EFFECTIVENESS OF OBE-BASED STEAM-INTEGRATED PROJECT
BASED LEARNING ON LEARNING OUTCOMES AND STUDENT
CREATIVITY IN THE FLUID MECHANICS COURSE***

Mutrofin Rozaq¹⁾, Suci Prihatiningtyas²⁾, Sugeng Pramudibyo³⁾

¹⁾Teknologi Rekayasa Otomotif, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

²⁾Pendidikan Fisika, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas KH. A. Wahab Hasbullah

³⁾Pendidikan Teknik Mesin, Jurusan Teknik Industri, Universitas Negeri Gorontalo

¹⁾Email: mutrofinrozaq@polinema.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas penerapan *model Project Based Learning* (PJBL) terintegrasi STEAM berbasis *Outcome Based Education* (OBE) terhadap hasil belajar dan kreativitas mahasiswa pada mata kuliah Mekanika Fluida. Penelitian menggunakan desain *one-shot case study*, di mana satu kelompok mahasiswa menerima perlakuan tanpa pretest maupun kelompok kontrol. Subjek penelitian terdiri dari 20 mahasiswa Program Studi Teknik Mesin semester genap tahun akademik 2024/2025 yang dipilih melalui teknik *purposive sampling*. Data dikumpulkan melalui nilai Ujian Akhir Semester (UAS) dan penilaian kreativitas berbasis proyek menggunakan empat indikator, yaitu *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*. Analisis data dilakukan secara deskriptif untuk melihat kecenderungan capaian hasil belajar, serta perhitungan persentase kreativitas untuk menentukan kategori pencapaian mahasiswa. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pada capaian belajar, dengan rata-rata nilai meningkat dari 59,75 (UTS) menjadi 77,25 (UAS). Selain itu, sebagian besar mahasiswa berada pada kategori kreatif, dan satu mahasiswa mencapai kategori sangat kreatif. Temuan ini mengindikasikan bahwa penerapan PJBL-STEAM berbasis OBE mampu meningkatkan pemahaman konsep, kreativitas mahasiswa, dan kualitas produk proyek mahasiswa. Model ini terbukti efektif dan dapat direkomendasikan sebagai strategi pembelajaran pada mata kuliah berbasis praktik.

Kata kunci: *project based learning*; STEAM; hasil belajar; kreativitas; mekanika fluida

ABSTRACT

This study aims to determine the effectiveness of implementing an Outcome Based Education (OBE)-based Project Based Learning (PjBL) model integrated with STEAM on students' learning outcomes and creativity in the Fluid Mechanics course. The research employed a one-shot case study design in which one group of students received the treatment without a pretest or control group. The subjects consisted of 20 students from the Mechanical Engineering Study Program in the even semester of the 2024/2025 academic year, selected through purposive sampling. Data were collected from the Final Semester Examination (UAS) scores and project-based creativity assessments using four indicators: fluency, flexibility, originality, and elaboration. Data analysis was conducted descriptively to identify the patterns of learning achievement, along with percentage calculations to determine the creativity category of each student. The findings indicate a

significant improvement in learning outcomes, with the average score increasing from 59.75 (Mid-Semester Exam) to 77.25 (Final Semester Exam). Moreover, the majority of students fell into the “creative” category, with one student categorized as “very creative.” These results demonstrate that the integration of PjBL-STEAM with the OBE framework enhances conceptual understanding, student creativity, and the quality of project outputs. This model is proven to be effective and is recommended as a learning strategy for practice-oriented courses.

Keywords: *project based learning; STEAM; learning outcomes; creativity; fluid mechanics*

PENDAHULUAN

Pendidikan tinggi memiliki peran strategis dalam menyiapkan mahasiswa untuk menghadapi tantangan di era globalisasi dan industri 4.0, yang menuntut kompetensi tidak hanya pada aspek kognitif, tetapi juga keterampilan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, dan kemampuan pemecahan masalah (Lase, 2019). Dalam pembelajaran teknik, khususnya pada mata kuliah Mekanika Fluida, mahasiswa dihadapkan pada konsep-konsep teoritis yang kompleks dan membutuhkan pemahaman yang mendalam agar mampu menerapkannya dalam praktik nyata. Namun, hasil observasi dan penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa mahasiswa sering mengalami kesulitan dalam mengintegrasikan teori dengan praktik, terutama dalam menyelesaikan proyek atau studi kasus yang menuntut kreativitas dan penerapan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*) secara simultan (Nasbey et al., 2024).

Urgensi penelitian ini muncul dari kebutuhan untuk mengembangkan model pembelajaran yang mampu meningkatkan capaian akademik sekaligus keterampilan berpikir kreatif mahasiswa. Model *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi STEAM berbasis *Outcome Based Education* (OBE) dipandang sebagai pendekatan yang tepat, karena menekankan keterlibatan aktif mahasiswa dalam menyelesaikan proyek nyata, pembelajaran kolaboratif, dan penerapan konsep multidisiplin (Zayyinah et al., 2022). PjBL memberikan peluang bagi mahasiswa untuk mengalami proses belajar secara kontekstual, mengembangkan ide-ide inovatif, serta meningkatkan kemampuan *problem solving* dan elaborasi konsep (Chistyakov et al., 2023; Wahyudi et al., 2024).

Rasionalisasi penelitian ini didasarkan pada perbedaan dengan studi-studi sebelumnya. Penelitian terdahulu banyak menekankan pada peningkatan kemampuan akademik atau penguasaan konsep teknis secara parsial (Vachhiyat & Tandel, 2025), sementara penelitian ini mengintegrasikan tiga aspek penting: penerapan PjBL, integrasi STEAM, dan pendekatan OBE. Hal ini memungkinkan mahasiswa tidak hanya menguasai teori, tetapi juga mengembangkan kreativitas, fleksibilitas berpikir, originalitas ide, dan kemampuan elaborasi dalam menyelesaikan proyek, yang semuanya merupakan keterampilan esensial di dunia teknik dan industri modern.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui hasil penerapan PjBL terintegrasi STEAM berbasis OBE terhadap capaian belajar dan tingkat kreativitas mahasiswa pada mata kuliah Mekanika Fluida. Penelitian ini juga bertujuan untuk menganalisis kreativitas mahasiswa secara terperinci berdasarkan indikator *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai pengembangan kompetensi kreatif mahasiswa. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menawarkan kontribusi pada pengembangan model pembelajaran inovatif, tetapi juga memberikan bukti empiris terkait efektivitas strategi PjBL-STEAM berbasis OBE dalam meningkatkan hasil belajar dan kreativitas mahasiswa, yang relevan dengan tuntutan pendidikan tinggi di era industri 4.0 (Ekayana et al., 2025; Naseer et al., 2025).

Selain itu, penelitian ini diharapkan menjadi dasar bagi pengembangan penelitian lanjutan, khususnya untuk menilai pengaruh PjBL-STEAM terhadap keterampilan kolaborasi, kepemimpinan, dan kemampuan adaptasi mahasiswa terhadap masalah-masalah kompleks di dunia kerja, yang masih jarang dikaji dalam literatur pendidikan teknik saat ini. Hal ini menegaskan nilai kebaruan dan kontribusi penelitian dalam memperluas wawasan tentang strategi pembelajaran yang efektif dan relevan dengan kebutuhan kompetensi abad ke-21.

METODE PENELITIAN

Desain Penelitian (Pendekatan dan Jenis)

Penelitian ini menggunakan desain *one-shot case study*, yang menempatkan satu kelompok subjek untuk menerima perlakuan berupa penerapan model *Project Based Learning* terintegrasi STEAM berbasis *Outcome Based Education* (OBE). Desain ini dipilih karena penelitian berfokus pada evaluasi efektivitas pembelajaran melalui penilaian hasil akhir mahasiswa setelah mengikuti rangkaian aktivitas proyek pada mata kuliah Mekanika Fluida. Desain penelitian ini digambarkan sebagai berikut:

Tes Awal	Perlakuan	Tes Akhir
-	X	O ₂

Karakteristik Subjek

Subjek dalam penelitian ini adalah 20 mahasiswa program studi Teknik Mesin yang mengikuti mata kuliah Mekanika Fluida pada semester genap tahun akademik 2024/2025. Pemilihan subjek dilakukan menggunakan teknik purposive sampling.

Proses Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan melalui dua jenis penilaian, yaitu nilai UAS sebagai representasi capaian pembelajaran setelah penerapan model PjBL–STEAM–OBE, serta penilaian kreativitas mahasiswa berdasarkan instrumen evaluasi berbasis proyek. Adapun instrumen penilaian kreativitas dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Instrumen Penilaian Kreativitas

No	Indikator Kreativitas	Deskripsi Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	Skor
1	<i>Fluency</i> (Kelancaran Berpikir)	Banyaknya ide yang muncul dalam merancang proyek fluida	Mahasiswa menghasilkan beberapa alternatif solusi atau konsep	1–5
2	<i>Flexibility</i> (Keluwesannya Berpikir)	Kemampuan berpindah strategi ketika menemui masalah	Mahasiswa menggunakan berbagai pendekatan STEAM	1–5
3	<i>Originality</i> (Orisinalitas)	Keunikan dan kebaruan gagasan proyek	Mahasiswa menunjukkan ide yang tidak biasa atau berbeda dari kelompok lain	1–5
4	<i>Elaboration</i> (Elaborasi)	Pengembangan detail ide dalam laporan/proyek	Mahasiswa memberikan penjelasan rinci, sketsa,	1–5

No	Indikator Kreativitas	Deskripsi Aspek yang Dinilai	Kriteria Penilaian	Skor
			simulasi, atau dokumentasi sistematis	

Analisis Data.

1. Analisis Deskriptif Nilai Hasil Belajar

Nilai hasil belajar dianalisis dengan menghitung statistik deskriptif berupa:

$$\text{Rata - rata} = \frac{\text{jumlah data}}{\text{banyak data}}$$

Hasil analisis ini digunakan untuk menggambarkan kecenderungan capaian belajar mahasiswa setelah mengikuti pembelajaran berbasis proyek.

2. Analisis Tingkat Kreativitas Mahasiswa

Skor kreativitas dianalisis menggunakan rumus persentase untuk mengukur tingkat pencapaian kreativitas dari masing-masing indikator. Rumus yang digunakan adalah:

$$\text{Persentase Kreativitas} = \frac{\text{Skor yang diperoleh}}{\text{Skor Maksimum}} \times 100\%$$

Persentase nilai kreativitas mahasiswa yang diperoleh dapat dikelompokkan ke dalam kategori Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Kategori Kreativitas Mahasiswa

Persentase (%)	Kategori Kreativitas
81–100	Sangat Kreatif
61–80	Kreatif
41–60	Cukup Kreatif
21–40	Kurang Kreatif
≤ 20	Tidak Kreatif

Sumber: Sumarwati dan Jailani (2013)

3. Analisis Kreativitas per Indikator

Selain skor total, kreativitas juga dianalisis berdasarkan empat indikator: *Fluency*, *Flexibility*, *Originality*, dan *Elaboration*.

Rumus yang digunakan sama:

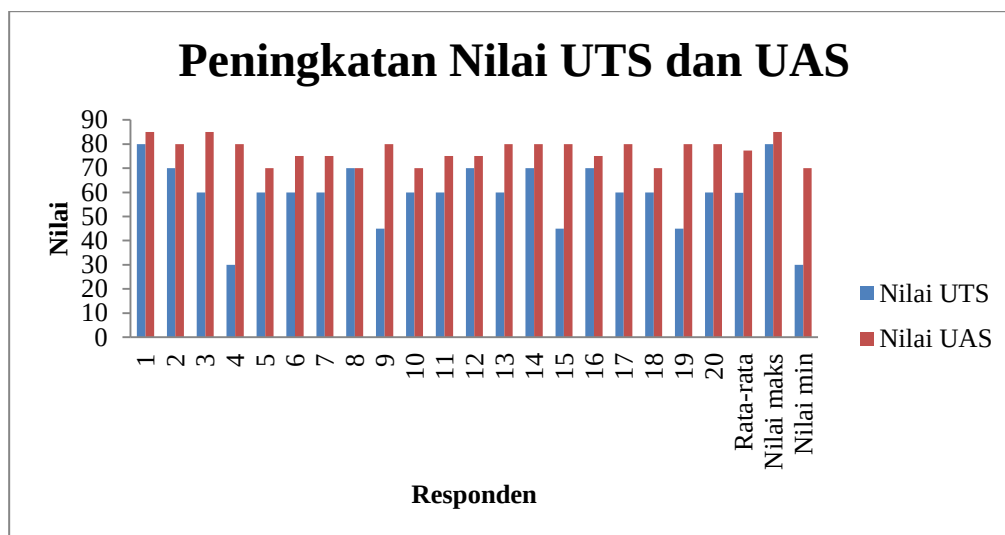
$$\text{Persentase Indikator} = \frac{\text{Skor Indikator}}{\text{Skor Maksimum Indikator}} \times 100\%$$

Hasil analisis digunakan untuk melihat indikator mana yang paling berkembang dan indikator yang masih perlu ditingkatkan.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Deskriptif Nilai Hasil Belajar

Penelitian ini untuk mengetahui capaian belajar mahasiswa setelah penerapan model *Project Based Learning* terintegrasi STEAM berbasis OBE, dilakukan analisis terhadap nilai Ujian Tengah Semester (UTS) dan Ujian Akhir Semester (UAS yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peningkatan Nilai UTS dan UAS

Berdasarkan Gambar 1 data nilai Ujian Tengah Semester (UTS) dan Ujian Akhir Semester (UAS) dari 20 mahasiswa, terlihat adanya peningkatan yang cukup signifikan pada capaian belajar mahasiswa. Rata-rata nilai UTS adalah 59,75, sementara rata-rata nilai UAS meningkat menjadi 77,25. Hal ini menunjukkan peningkatan rata-rata sebesar 17,5 dari awal hingga akhir semester.

Nilai tertinggi UTS dicapai oleh Responden 1 sebesar 80,00, sedangkan nilai terendah dicapai oleh Responden 4 sebesar 30,00. Pada UAS, nilai tertinggi juga dicapai oleh Responden 1 dengan 85,00, sementara nilai terendah berada pada 70,00. Distribusi nilai ini menunjukkan bahwa hampir seluruh mahasiswa berhasil mencapai nilai minimal kategori Baik, meskipun terdapat perbedaan kemampuan awal antar mahasiswa. Distribusi nilai ini mengindikasikan bahwa hampir seluruh mahasiswa mampu mencapai kategori minimal Baik, meskipun terdapat perbedaan kemampuan awal antar

mahasiswa. Peningkatan nilai yang signifikan ini menunjukkan bahwa model pembelajaran *Project Based Learning* (PjBL) terintegrasi STEAM berbasis *Outcome Based Education* (OBE) efektif dalam meningkatkan hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Mekanika Fluida.

Mahasiswa yang awalnya memiliki nilai rendah menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan, yang dapat diinterpretasikan sebagai bukti bahwa keterlibatan aktif dalam proyek dan kegiatan berbasis STEAM mampu meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan berpikir kritis (Vachhiyat & Tandel, 2025; Putri et al., 2023). Hal ini sejalan dengan temuan Sigit et al. (2022) yang menyatakan bahwa PjBL berbasis STEAM dapat meningkatkan motivasi, keterampilan *problem solving*, dan pencapaian akademik mahasiswa, terutama pada mahasiswa yang membutuhkan bimbingan lebih intensif. PjBL-STEAM juga berkontribusi pada pengembangan karakter seperti tanggung jawab, kerja sama, dan kepemimpinan (Supianti et al., 2025).

Secara keseluruhan, analisis deskriptif ini menunjukkan bahwa penerapan PjBL terintegrasi STEAM berbasis OBE mampu mendorong perkembangan hasil belajar mahasiswa secara signifikan, tidak hanya pada aspek kognitif, tetapi juga pada kemampuan penerapan konsep dan keterampilan berpikir kreatif yang relevan dengan tantangan di dunia rekayasa.

2. Analisis Tingkat Kreativitas Mahasiswa

Kreativitas mahasiswa diukur melalui skor proyek berdasarkan empat indikator sesuai Tabel 1. Adapun skor kreativitas mahasiswa beserta persentase dan kategori kreativitasnya ditunjukkan Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Kreativitas Mahasiswa Berdasarkan Proyek

No	Nama	Fluency	Flexibility	Originality	Elaboration	Persentase (%)	Kategori
1	Responden 1	5	4	5	5	95	Sangat Kreatif
2	Responden 2	4	4	4	4	80	Kreatif
3	Responden 3	4	3	4	4	75	Kreatif
4	Responden 4	3	3	3	4	65	Kreatif
5	Responden 5	4	4	4	3	75	Kreatif
6	Responden 6	4	4	3	4	75	Kreatif

No	Nama	Fluency	Flexibility	Originality	Elaboration	Persentase (%)	Kategori
7	Responden 7	3	3	3	3	60	Cukup Kreatif
8	Responden 8	4	4	3	4	75	Kreatif
9	Responden 9	3	4	4	4	75	Kreatif
10	Responden 10	4	3	4	4	75	Kreatif
11	Responden 11	4	4	3	4	75	Kreatif
12	Responden 12	4	4	4	4	80	Kreatif
13	Responden 13	4	3	4	4	75	Kreatif
14	Responden 14	4	4	4	4	80	Kreatif
15	Responden 15	3	3	3	4	65	Kreatif
16	Responden 16	4	3	4	4	75	Kreatif
17	Responden 17	4	4	4	4	80	Kreatif
18	Responden 18	3	3	3	3	60	Cukup Kreatif
19	Responden 19	3	3	4	4	70	Kreatif
20	Responden 20	4	3	4	4	75	Kreatif

Berdasarkan Tabel 5, terlihat bahwa sebagian besar mahasiswa berada pada kategori Kreatif, dengan persentase antara 65% hingga 80%. Hanya dua mahasiswa (Responden 7 dan 18) yang masuk kategori Cukup Kreatif, sedangkan satu mahasiswa (Responden 1) mencapai kategori Sangat Kreatif dengan persentase 95%. Data ini menunjukkan bahwa penerapan model PjBL terintegrasi STEAM berbasis OBE berhasil mendorong mayoritas mahasiswa untuk mengembangkan kreativitas dalam menyelesaikan proyek.

Peningkatan kreativitas mahasiswa ini konsisten dengan penelitian Sungkono dan Ekaputra (2023), yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan kemampuan berpikir kreatif dan kritis mahasiswa karena mendorong mereka untuk aktif merancang, mengeksplorasi, dan menyelesaikan masalah nyata. Selain itu, Zhao dan Abdullah (2025) menemukan bahwa integrasi unsur STEAM dalam proyek pembelajaran memungkinkan mahasiswa mengembangkan ide-ide inovatif, fleksibilitas berpikir, serta kemampuan untuk mempresentasikan hasil dengan elaborasi yang baik.

Dengan kata lain, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan PjBL-STEAM berbasis OBE efektif tidak hanya meningkatkan capaian

akademik mahasiswa, tetapi juga menumbuhkan keterampilan berpikir kreatif yang merupakan kompetensi penting di era industri 4.0.

3. Analisis Kreativitas per Indikator

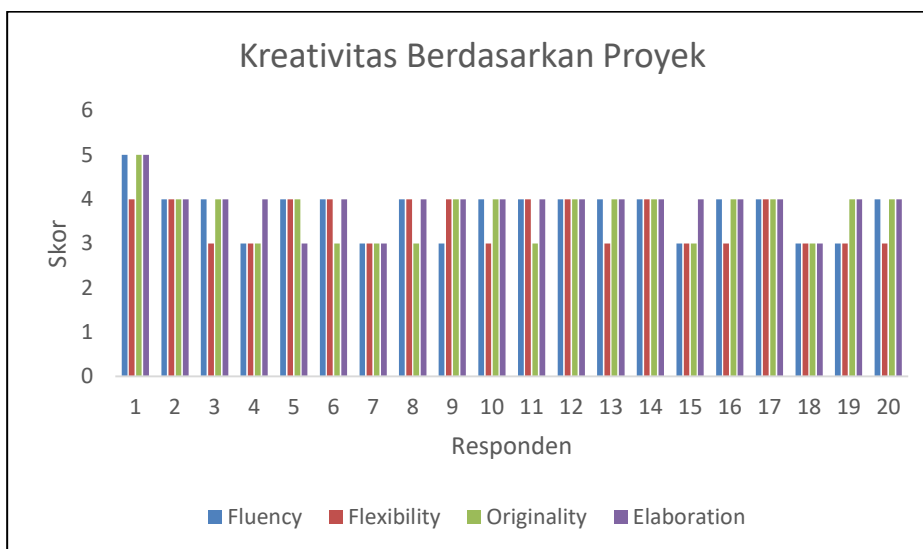
Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa mayoritas mahasiswa memperoleh skor antara 3 hingga 5 pada semua indikator. Skor tertinggi dicapai oleh Responden 1, terutama pada *Fluency*, *Originality*, dan *Elaboration*, menunjukkan kemampuan berpikir kreatif yang sangat baik. Sebagian besar mahasiswa berada pada rentang skor 4, yang menunjukkan tingkat kreativitas yang memadai hingga baik. Hanya beberapa mahasiswa, seperti Responden 7 dan 18, yang memiliki skor 3 pada semua indikator, mengindikasikan kreativitas yang masih perlu ditingkatkan.

Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan PjBL terintegrasi STEAM berbasis OBE mampu mendorong mahasiswa untuk berpikir kreatif dan mengembangkan ide secara sistematis. Aktivitas proyek berbasis masalah nyata memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk berlatih *fluency*, yaitu kemampuan menghasilkan banyak ide; *flexibility*, kemampuan menyesuaikan ide; *originality*, kemampuan menghasilkan ide unik; dan *elaboration*, kemampuan memperdalam dan mengembangkan ide (Andini & Rusmini, 2022).

Penelitian Sukmawati et al. (2023) menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek efektif meningkatkan kemampuan berpikir kreatif karena mahasiswa aktif dalam proses menemukan solusi. Hal ini sejalan dengan temuan Prasetyawati dan Astuti (2025) yang menekankan bahwa integrasi STEAM meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kreatif melalui kombinasi sains, teknologi, teknik, seni, dan matematika. Selanjutnya, pendekatan OBE menekankan capaian kompetensi yang terukur, sehingga mahasiswa terdorong untuk mencapai target kreativitas yang jelas dan relevan dengan profesi teknik di masa depan. Dengan demikian, penerapan model PjBL-STEAM berbasis OBE terbukti memberikan dampak positif terhadap pengembangan kreativitas mahasiswa pada mata kuliah Mekanika Fluida, baik secara individual maupun kelompok.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan model Project Based Learning (PjBL) terintegrasi STEAM berbasis OBE efektif dalam meningkatkan capaian belajar dan kreativitas mahasiswa pada mata kuliah Mekanika Fluida. Hal ini ditunjukkan oleh peningkatan signifikan rata-rata nilai UTS ke UAS, serta dominannya mahasiswa yang mencapai kategori kreatif hingga sangat kreatif pada skor proyek berbasis indikator fluency, flexibility, originality, dan elaboration.



Gambar 2. Peningkatan Skor Kreativitas Mahasiswa

Penelitian ini menegaskan kebaruan pada penerapan PjBL-STEAM berbasis OBE yang tidak hanya mendorong penguasaan konsep teoritis dan keterampilan berpikir kritis, tetapi juga mengembangkan kreativitas mahasiswa secara sistematis melalui aktivitas proyek nyata. Implikasi praktis dari temuan ini menunjukkan bahwa model pembelajaran ini dapat dijadikan strategi efektif dalam meningkatkan kualitas pembelajaran berbasis proyek dan kompetensi kreatif mahasiswa, serta dapat menjadi dasar bagi penelitian lanjutan untuk mengkaji pengaruhnya terhadap keterampilan kolaborasi, *problem solving*, dan kesiapan mahasiswa menghadapi tantangan profesional di era industri 4.0.

DAFTAR PUSTAKA

- Andini, S., & Rusmini, R. (2022). Project-based learning model to promote students critical and creative thinking skills. *JURNAL PIJAR MIPA*, 17(4), 525–532. <https://doi.org/10.29303/jpm.v17i4.3717>
- Ekayana, A. a. G., Parwati, N. N., Agustini, K., & Ratnaya, I. G. (2025). Project based learning framework with STEAM methodology assessed based on self-efficacy: Does it affect creative thinking skills and learning achievement in studying fundamental computers? *Journal of Technology and Science Education*, 15(1), 107. <https://doi.org/10.3926/jotse.2751>
- Lase, D. (2019). Pendidikan di Era Revolusi Industri 4.0. *SUNDERMANN Jurnal Ilmiah Teologi Pendidikan Sains Humaniora Dan Kebudayaan*, 12(2), 28–43. <https://doi.org/10.36588/sundermann.v1i1.18>
- Nasbey, H., Sabrina, P. M., Sari, N. L. K., & Mulyati, D. (2024). The Implementation of the Dilemma-STEAM Model in Fluid Dynamics Subjects through the Archimedes Screw Project. *Jurnal Penelitian & Pengembangan Pendidikan Fisika*, 10(1), 185–200. <https://doi.org/10.21009/1.10116>
- Naseer, F., Tariq, R., Alshahrani, H. M., Alruwais, N., & Al-Wesabi, F. N. (2025). Project based learning framework integrating industry collaboration to enhance student future readiness in higher education. *Scientific Reports*, 15(1), 24985. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-10385-4>
- Prasetyawati, A. N., & Astuti, A. P. (2025). Implementation Project Based Learning - STEAM on Student's Creative Thinking Skill in Indonesia : a Bibliometric Review. *Journal of Lesson Study and Teacher Education*, 4(1), 66–75. <https://doi.org/10.51402/jlste.v4i1.158>
- Putri, A. S., Prasetyo, Z. K., Purwastuti, L. A., Prodjosantoso, A. K., & Putranta, H. (2023). Effectiveness of STEAM-based blended learning on students' critical and creative thinking skills. *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, 12(1), 44. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i1.22506>

- Sigit, D. V., Ristanto, R. H., & Mufida, S. N. (2022). Integration of Project-Based E-Learning with STEAM: An Innovative Solution to Learn Ecological Concept. *International Journal of Instruction*, 15(3), 23–40. <https://doi.org/10.29333/iji.2022.1532a>
- Sukmawati, E., Imanah, N. D. N., & Rantauni, D. A. (2023). Implementation and challenges of project-based learning of STEAM in the university during the pandemic: A systematic literature review. *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*, 9(1). <https://doi.org/10.22219/jinop.v9i1.25177>
- Sumarwati, S., & Jailani, M. Y. (2013). Tahap Kreatif dalam Kalangan Pelajar Politeknik Metro, Politeknik Premier dan Konvensional di Malaysia. *International Conference On Management*, 212-234.
- Sungkono, S., & Ekaputra, F. (2023). Effectiveness of project-based learning model on improving critical thinking skills and student creativity. *Daengku Journal of Humanities and Social Sciences Innovation*, 3(5), 859–863. <https://doi.org/10.35877/454ri.daengku2063>
- Supianti, I. I., Yaniawati, P., Bonyah, E., Hasbiah, A. W., & Rozalini, N. (2025). STEAM approach in project-based learning to develop mathematical literacy and students' character. *Infinity Journal*, 14(2), 283–302. <https://doi.org/10.22460/infinity.v14i2.p283-302>
- Vachhiyat, F. M. A., & Tandel, S. H. (2025). Effectiveness of STEAM-based programme on students' conceptual understanding. *PARIPEX INDIAN JOURNAL OF RESEARCH*, 78–80. <https://doi.org/10.36106/paripex/9605473>
- Wahyudi, N. a. B. E., Salimi, N. M., Hidayah, N. R., Zainnuri, N. H., & Fajari, N. L. E. W. (2024). The improvement of students' creative and collaborative thinking skills by applying STEAM-Integrated Project-Based learning. *JURNAL IQRA*, 9(1), 16–29. <https://doi.org/10.25217/ji.v9i1.4438>
- Zayyinah, Z., Erman, E., Supardi, Z. a. I., Hariyono, E., & Prahani, B. K. (2022). STEAM-Integrated Project based learning models: alternative to improve 21st century skills. *Advances in Social Science, Education and Humanities*

Research/Advances in Social Science, Education and Humanities Research.

<https://doi.org/10.2991/assehr.k.211229.039>

Zhao, S., & Abdullah, A. H. (2025). Integrated STEAM and Problem-Based Learning: A teaching framework to enhance undergraduates' creative thinking. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development*, 14(1). <https://doi.org/10.6007/ijarped/v14-i1/24490>