

Pengaruh Penerapan *Project Based Learning* Berbasis STEAM terhadap Kreativitas dan Kemandirian Belajar Siswa

Nurwati Djam'an¹⁾*, Fitriani²⁾, Sutamrin³⁾

^{1,2,3}Universitas Negeri Makassar – Kampus UNM Parangtambung, Makassar, 90224, Indonesia

*Penulis Korespondensi : email: nurwati_djaman@unm.ac.id

Diterima: 3 Februari 2026, Direvisi: 11 Maret 2026, Disetujui: 19 Mei 2026.

Abstract

This study examines the improvement of students' creativity and learning independence in mathematics through the implementation of a STEAM-based Project-Based Learning (PjBL) model. The study employed a pre-experimental one-group pretest–posttest design involving 26 seventh-grade students of Class VII.A at SMP Negeri 21 Makassar. The research instruments included a creativity test, a learning independence questionnaire, and an observation sheet for learning implementation. Data were analyzed using descriptive statistics and inferential analysis, including normality testing, One-Group Pretest–Posttest, and proportion test. The results showed an increase in both students' creativity and learning independence after the implementation of the PjBL–STEAM model. Descriptive analysis indicated that the average scores of creativity and learning independence increased from the pretest to the posttest, with classical mastery achieved in both variables. The normalized gain scores were 0.73 for creativity and 0.76 for learning independence, which are categorized as high. Observations also indicated that the implementation of learning activities was carried out effectively. Inferential statistical analysis revealed significant differences between students' pretest and posttest scores, indicating improvements in both creativity and learning independence after the intervention. Overall, the findings suggest that the implementation of the STEAM-based PjBL model can support the enhancement of students' creativity and learning independence in mathematics learning.

Keywords: *Learning Independence; Creativity; Mathematics; Project Based Learning; STEAM.*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji peningkatan kreativitas dan kemandirian belajar siswa dalam pembelajaran matematika melalui penerapan model Project-Based Learning (PjBL) berbasis STEAM. Penelitian ini menggunakan desain pre-eksperimental one-group pretest–posttest yang melibatkan 26 siswa kelas VII.A SMP Negeri 21 Makassar. Instrumen penelitian yang digunakan meliputi tes kreativitas, angket kemandirian belajar, serta lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dan inferensial yang meliputi uji normalitas, One-Group Pretest–Posttest, dan uji proporsi. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan kreativitas dan kemandirian belajar siswa setelah penerapan model PjBL–STEAM. Analisis deskriptif menunjukkan bahwa rata-rata skor kreativitas dan kemandirian belajar meningkat dari pretest ke posttest, serta ketuntasan klasikal pada kedua variabel telah tercapai. Nilai gain ternormalisasi (N-gain) sebesar 0,73 untuk kreativitas dan 0,76 untuk kemandirian belajar termasuk dalam kategori tinggi. Hasil observasi juga menunjukkan bahwa keterlaksanaan aktivitas pembelajaran berlangsung dengan baik. Analisis statistik inferensial menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara skor pretest dan posttest siswa, yang mengindikasikan adanya peningkatan kreativitas dan kemandirian belajar setelah perlakuan. Secara keseluruhan, temuan penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan model Project-Based Learning berbasis STEAM dapat mendukung peningkatan kreativitas dan kemandirian belajar siswa dalam pembelajaran matematika.

Kata Kunci: *Kemandirian Belajar; Kreativitas; Matematika; Project Based Learning; STEAM.*

1. PENDAHULUAN

Pendidikan pada abad ke-21 menuntut pengembangan berbagai keterampilan esensial yang diperlukan untuk menghadapi tantangan global yang semakin kompleks. Keterampilan tersebut meliputi kemampuan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan komunikasi yang dikenal sebagai 4C skills dalam pembelajaran abad ke-21 [1], [2]. Keterampilan tersebut menjadi landasan penting dalam membentuk peserta didik yang mampu berpikir adaptif, inovatif, dan mampu memecahkan masalah dalam berbagai konteks kehidupan. Oleh karena itu, proses pembelajaran di sekolah perlu dirancang secara lebih inovatif dan berpusat pada siswa agar dapat memfasilitasi pengembangan keterampilan tersebut secara optimal [3].

Salah satu kemampuan penting yang perlu dikembangkan dalam pembelajaran matematika adalah kreativitas. Kreativitas memungkinkan siswa untuk menghasilkan berbagai ide, strategi, dan solusi dalam memecahkan masalah matematis [4], [5]. Dalam konteks berpikir kreatif, kreativitas berkaitan dengan kemampuan *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration* yang merupakan bagian dari kemampuan berpikir divergen [6]. Kemampuan tersebut membantu siswa mengembangkan gagasan matematis secara lebih luas dan mendalam saat menyelesaikan masalah. Dengan demikian, pengembangan kreativitas dalam pembelajaran matematika menjadi aspek penting untuk meningkatkan kualitas pemahaman konsep dan kemampuan pemecahan masalah siswa [7].

Namun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa tingkat kreativitas siswa dalam pembelajaran matematika masih tergolong rendah. Hal ini disebabkan oleh praktik pembelajaran yang masih didominasi oleh pendekatan konvensional yang berpusat pada guru, sehingga siswa kurang memiliki kesempatan untuk mengeksplorasi ide dan strategi penyelesaian masalah secara mandiri [8], [9]. Kondisi tersebut menyebabkan proses pembelajaran lebih berorientasi pada prosedur penyelesaian soal dibandingkan pada pengembangan pemikiran kreatif siswa. Akibatnya, siswa cenderung pasif dalam proses pembelajaran dan kurang terlibat dalam aktivitas eksploratif yang dapat mendorong munculnya ide-ide matematis yang kreatif.

Selain kreativitas, kemandirian belajar juga merupakan faktor penting dalam keberhasilan pembelajaran matematika. Kemandirian belajar mencerminkan kemampuan siswa dalam mengelola proses belajar secara mandiri, termasuk merencanakan, memantau, dan mengevaluasi kegiatan belajarnya [10], [11]. Siswa yang memiliki kemandirian belajar yang baik cenderung lebih aktif dalam mencari informasi, memanfaatkan berbagai sumber belajar, serta mampu menyelesaikan tugas tanpa ketergantungan yang tinggi pada guru. Oleh karena itu, pengembangan

kemandirian belajar perlu menjadi bagian penting dalam strategi pembelajaran matematika agar siswa mampu menjadi pembelajar yang aktif dan bertanggung jawab terhadap proses belajarnya.

Salah satu pendekatan pembelajaran yang dinilai relevan dengan tuntutan pendidikan abad ke-21 adalah Project-Based Learning (PjBL) yang dipadukan dengan pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) [12], [13]. Pendekatan ini menekankan pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan siswa dalam proses investigasi, perancangan solusi, serta penyelesaian masalah autentik yang berkaitan dengan kehidupan nyata. Integrasi STEAM dalam pembelajaran matematika juga memungkinkan siswa mengembangkan kemampuan berpikir kreatif melalui kegiatan eksploratif dan kolaboratif yang melibatkan berbagai disiplin ilmu [14].

Dalam implementasinya, pembelajaran PjBL berbasis STEAM dapat dilaksanakan melalui beberapa tahapan pembelajaran yang terstruktur, yaitu *reflection, research, discovery, application*, dan *communication*. Tahap *reflection* bertujuan untuk menghubungkan pengetahuan awal siswa dengan permasalahan yang akan dipelajari. Tahap *research* merupakan proses pengumpulan informasi yang relevan melalui berbagai sumber belajar. Tahap *discovery* melibatkan kegiatan eksplorasi dan perancangan solusi terhadap permasalahan yang diberikan. Tahap *application* digunakan untuk menguji solusi atau produk yang dihasilkan, sedangkan tahap *communication* berfokus pada penyampaian hasil proyek melalui presentasi dan diskusi kelas. Tahapan ini memungkinkan siswa terlibat secara aktif dalam proses pembelajaran sehingga dapat mendorong perkembangan kreativitas dan kemandirian belajar secara lebih optimal [15].

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan potensi pembelajaran berbasis proyek dan pendekatan STEAM dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, masih terdapat keterbatasan penelitian yang secara khusus mengkaji integrasi PjBL berbasis STEAM dalam pembelajaran matematika untuk meningkatkan kreativitas dan kemandirian belajar siswa secara simultan, khususnya pada jenjang sekolah menengah pertama. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peningkatan kreativitas dan kemandirian belajar siswa melalui penerapan model *Project-Based Learning* berbasis STEAM dalam pembelajaran matematika.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *One-Group Pretest-Posttest*, tanpa melibatkan kelompok kontrol. Penelitian dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026 di kelas VII SMP Negeri 21 Makassar. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas VII yang berjumlah 211 siswa, sedangkan sampel penelitian terdiri dari 26 siswa kelas VII.A

yang dipilih melalui teknik *cluster random sampling*. Perlakuan yang diberikan berupa penerapan model PjBL dengan pendekatan STEAM dalam pembelajaran matematika. Sebelum implementasi model pembelajaran, beberapa perangkat pembelajaran dan instrumen penelitian terlebih dahulu dikembangkan dan divalidasi oleh para ahli untuk memastikan kelayakan dan validitasnya. Perangkat yang divalidasi meliputi model pembelajaran, lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran, rubrik penilaian kinerja dan produk, angket kemandirian belajar siswa, serta lembar kerja peserta didik (LKPD). Hasil validasi menunjukkan bahwa seluruh perangkat dan instrumen berada pada kategori valid hingga sangat valid, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Hasil Validasi Perangkat Pembelajaran dan Instrumen Penelitian

Produk	Rata-rata	Kategori
Model Pembelajaran	3.58	Sangat Valid
Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran	3.56	Sangat Valid
Rubrik Penilaian Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran	3.52	Sangat Valid
Lembar Penilaian Kinerja	3.48	Valid
Rubrik Lembar Penilaian Kinerja	3.55	Sangat Valid
Lembar Penilaian Produk	3.72	Sangat Valid
Rubrik Lembar Penilaian Produk	3.79	Sangat Valid
Angket Kemandirian Belajar Siswa	3.58	Sangat Valid
Rubrik Penilaian Lembar Angket Kemandirian Belajar Siswa	3.64	Sangat Valid
Lembar Kerja Peserta Didik	3.83	Sangat Valid
Total	3.63	Sangat Valid

Data penelitian dikumpulkan melalui tes kreativitas matematis, angket kemandirian belajar, serta lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran. Analisis data dilakukan melalui statistik deskriptif dan inferensial. Statistik deskriptif digunakan untuk menggambarkan nilai rata-rata, standar deviasi, dan persentase ketuntasan belajar siswa. Selanjutnya, untuk menguji perbedaan skor *pretest* dan *posttest* pada kelompok yang sama, digunakan *paired sample t-test (dependent t-test)* setelah terlebih dahulu dilakukan uji normalitas data. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah penerapan model PjBL berbasis STEAM memberikan peningkatan yang signifikan terhadap kreativitas dan kemandirian belajar siswa.

Uji Hipotesis

Pengujian hipotesis penelitian dilakukan menggunakan *paired sample t-test (dependent t-test)* karena pengukuran dilakukan pada kelompok yang sama, yaitu nilai *pretest* sebelum perlakuan dan *posttest* setelah perlakuan. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara skor sebelum dan sesudah penerapan model pembelajaran. Pengolahan dan analisis data dilakukan menggunakan aplikasi SPSS.

1) Hipotesis Minor 1

Pengujian hipotesis ini diuji menggunakan *paired sample t-test* diterapkan pada data *posttest* sebagai uji prasyarat sebelum dilakukan analisis *t-test*, dengan kriteria pengujian (nilai $\text{Sig.} > \alpha$) dengan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$:

$$H_0: \mu_{1.1} \leq 75 \text{ melawan } H_1: \mu_{1.1} > 75$$
$$H_0: \mu_{1.2} \leq 75 \text{ melawan } H_1: \mu_{1.2} > 75$$

Keterangan:

$\mu_{1.1}$: Parameter skor mean kreativitas siswa yang diajar menggunakan model PjBL dengan Pendekatan STEAM.

$\mu_{1.2}$: Parameter skor mean kemandirian belajar siswa yang diajar menggunakan model PjBL dengan Pendekatan STEAM.

H_0 : Parameter skor rata-rata kreativitas siswa ≤ 75 dan kemandirian belajar siswa ≤ 75 . Dengan kata lain, penerapan model PjBL dengan Pendekatan STEAM tidak berpengaruh terhadap kreativitas dan kemandirian belajar siswa.

H_1 : Parameter skor mean kreativitas siswa > 75 dan kemandirian belajar siswa > 75 . Dengan kata lain, penerapan model PjBL dengan Pendekatan STEAM berpengaruh terhadap peningkatan kreativitas dan kemandirian belajar siswa.

2) Hipotesis Minor 2

Pengujian hipotesis pada penelitian ini diuji menggunakan *paired sample t-test* dengan menggunakan data *gain*.

$$H_0: \mu_{2.1} \leq 0,29 \text{ melawan } H_1: \mu_{2.1} > 0,29$$
$$H_0: \mu_{2.2} \leq 0,29 \text{ melawan } H_1: \mu_{2.2} > 0,29$$

Keterangan:

$\mu_{2.1}$: Parameter skor mean *gain* ternormalisasi kreativitas siswa yang diajar menggunakan model PjBL dengan Pendekatan STEAM.

$\mu_{2.2}$: Parameter skor mean *gain* ternormalisasi kemandirian belajar siswa yang diajar menggunakan model PjBL dengan Pendekatan STEAM.

H_0 : Parameter nilai rata-rata *gain* ternormalisasi kreativitas dan kemandirian belajar siswa $\leq 0,29$. Dengan kata lain, penerapan model PjBL dengan Pendekatan STEAM tidak berpengaruh terhadap kreativitas dan kemandirian belajar siswa.

H_1 : Parameter skor mean *gain* ternormalisasi kreativitas dan kemandirian belajar siswa lebih besar dengan 0,29. Dengan kata lain, penerapan model PjBL dengan Pendekatan STEAM berpengaruh terhadap kreativitas dan kemandirian belajar siswa.

3) Hipotesis Minor 3

Pengujian hipotesis ini diuji menggunakan uji proporsi bertujuan untuk mengetahui proporsi data kreativitas dan kemandirian belajar kelompok eksperimen yang mencapai ketuntasan dan tidak mencapai ketuntasan. Adapun hipotesis statistik dari uji proporsi dalam penelitian dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$H_0: \pi_{3.1} \leq 0,75 \text{ melawan } H_1: \pi_{3.1} > 0,75$$
$$H_0: \pi_{3.2} \leq 0,75 \text{ melawan } H_1: \pi_{3.2} > 0,75$$

Keterangan:

$\pi_{3.1}$: Proporsi siswa mencapai ketuntasan kreativitas secara klasikal yang diajar menggunakan model PjBL dengan Pendekatan STEAM.

$\pi_{3.2}$: Proporsi siswa yang mencapai ketuntasan kemandirian belajar secara klasikal yang diajar menggunakan model PjBL dengan Pendekatan STEAM.

H_0 : Parameter skor mean kreativitas dan kemandirian belajar lebih kecil atau sama dengan 0,75. Dengan kata lain, penerapan model PjBL dengan Pendekatan STEAM tidak berpengaruh terhadap kreativitas dan kemandirian belajar siswa.

H_1 : Parameter skor mean kreativitas dan kemandirian belajar siswa lebih besar dengan 0,75. Dengan kata lain, penerapan model PjBL dengan Pendekatan STEAM berpengaruh terhadap kreativitas dan kemandirian belajar siswa.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian pra-eksperimen ini berlangsung selama semester ganjil 2025/2026 di kelas VII.A SMP Negeri 21 Makassar melalui penerapan model PjBL dengan pendekatan STEAM pada materi bentuk aljabar. Keterlaksanaan pembelajaran berdasarkan observasi dengan rata-rata 3,8 (pertemuan I: 3,8; II: 3,9; III: 3,9) dikategorikan sangat baik, menunjukkan pembelajaran berjalan sesuai modul dan melibatkan siswa aktif melalui kerja kelompok, LKPD, pembuatan proyek, serta presentasi hasil.



Gambar 1. Pelaksanaan Model Pembelajaran di tiap Pertemuan

Gambaran penerapan model PjBL dengan pendekatan STEAM pada setiap pertemuan ditunjukkan pada Gambar 1. Gambar tersebut memperlihatkan aktivitas kolaboratif siswa dalam merancang, mengembangkan, dan mempresentasikan hasil proyek yang berkaitan dengan materi bentuk aljabar. Visualisasi pada gambar menunjukkan keterlibatan aktif siswa dalam proses

diskusi kelompok, penyusunan media proyek, serta presentasi hasil kerja, yang mencerminkan implementasi prinsip pembelajaran berbasis proyek dan integrasi unsur *science, technology, engineering, arts*, dan *mathematics* (STEAM) dalam pembelajaran matematika.

Kegiatan pembelajaran dilaksanakan melalui tiga pertemuan pada materi bentuk aljabar. Pada pertemuan pertama, siswa mengikuti tahap *reflection, research*, dan *discovery* melalui pembelajaran berbasis kelompok, pemanfaatan media teknologi (*power point*), disertai dengan diskusi kontekstual mengenai penggunaan bentuk aljabar dalam konteks kehidupan nyata. Peserta didik mengumpulkan informasi dari berbagai sumber, menyusun strategi penyelesaian masalah, dan merancang langkah pemecahan soal secara sistematis, yang mencerminkan integrasi unsur *science, technology, engineering*, dan *mathematics*. Pada pertemuan kedua, siswa memasuki tahap *application* dengan mengaplikasikan konsep penjumlahan dan pengurangan bentuk aljabar melalui LKPD secara kolaboratif, sehingga mendorong pengembangan kreativitas, ketelitian, dan kemampuan komunikasi matematis. Pertemuan ketiga difokuskan pada tahap *communication*, di mana siswa menyusun laporan dan mempresentasikan hasil proyek, menjelaskan proses serta perhitungan secara akurat, saling memberikan umpan balik antar kelompok, dan merefleksikan hasil pembelajaran, diakhiri dengan pemberian angket kemandirian belajar oleh guru.

1. Hasil Analisis Statistik Deskriptif

a. Keterlaksanaan Pembelajaran

Rekapitulasi hasil pengamatan pelaksanaan kegiatan penerapan model PjBL dengan pendekatan STEAM dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rekap Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Pertemuan	Nilai Keterlaksanaan	Kategori
I	3,8	Sangat Baik
II	3,9	Sangat Baik
III	3,9	Sangat Baik
Rata-rata	3,8	Sangat Baik

Mengacu pada data observasi keterlaksanaan pembelajaran pada Tabel 2, kegiatan pembelajaran yang terlaksana melalui model PjBL dengan pendekatan STEAM dapat dikatakan telah berjalan sesuai dengan modul ajar, dengan rata-rata keterlaksanaan 3,8 yang termasuk kategori sangat baik.

b. Kreativitas Siswa

Kreativitas siswa diukur dengan memberikan proyek *pretest* dan *posttest* kepada seluruh sampel penelitian. *Pretest* dilakukan sebelum penerapan model PjBL dengan pendekatan STEAM,

sedangkan *posttest* diberikan setelah perlakuan. Data hasil analisis *pretest* dan *posttest* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Statistik Kreativitas Siswa

Statistik	Nilai Statistik		
	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>N-Gain</i>
Ukuran Sampel	26	26	26
Mean	42	84,5	0,73
Median	43,5	85,5	0,75
Modus	43	80	0,64
Standar Deviasi	9,6	7,8	0,11
Range	40	27	0,41
Nilai Minimum	25	70	0,53
Nilai Maksimum	65	97	0,94

Hasil analisis statistik yang disajikan pada Tabel 3 mengindikasikan bahwa kreativitas siswa meningkat secara signifikan setelah diterapkannya model Project-Based Learning (PjBL) dengan pendekatan STEAM. Nilai rata-rata kreativitas meningkat tajam dari 42 menunjukkan peningkatan hingga mencapai skor 84,5 pada *posttest*, dengan N-Gain bernilai 0,73 yang termasuk kategori tinggi. Peningkatan yang konsisten juga ditunjukkan oleh nilai median yang naik dari 43,5 menjadi 85,5 (N-Gain = 0,75) serta nilai modus dari 43 menjadi 80 (N-Gain = 0,64), yang mengindikasikan bahwa sebagian besar siswa mengalami peningkatan kreativitas secara substansial. Selain itu, penurunan standar deviasi dari 9,6 menjadi 7,8 serta penyempitan rentang nilai dari 40 menjadi 27 menunjukkan bahwa peningkatan kreativitas tidak hanya tinggi, tetapi juga semakin merata di antara siswa. Terdapat peningkatan pada nilai minimum, dari 25 menjadi 70, serta pada nilai maksimum, dari 65 menjadi 97, dengan rentang N-Gain antara 0,53 hingga 0,94, menegaskan bahwa seluruh siswa mengalami peningkatan kreativitas.

Nilai *pretest* dan *posttest* kreativitas siswa pada kelas perlakuan dikelompokkan ke dalam kategori kreativitas, seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengkategorian Kreativitas Siswa

Skor Kreativitas	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	Kategori
76 – 100	0	21	Sangat Kreatif
51 – 75	2	5	Kreatif
26 – 50	22	0	Cukup Kreatif
1 – 25	2	0	Kurang Kreatif
0	0	0	Tidak Kreatif

Distribusi tingkat kreativitas siswa sebagaimana disajikan pada Tabel 4 menunjukkan perubahan yang sangat signifikan setelah penerapan model PjBL yang diintegrasikan dengan pendekatan STEAM. Pada tahap awal (*pretest*), mayoritas siswa berada pada kategori cukup kreatif sebanyak 22 orang (84,62%), sedangkan masing-masing 2 siswa (7,69%) termasuk dalam

kategori kurang kreatif dan kreatif. Tidak ditemukan siswa yang berada pada kategori sangat kreatif maupun tidak kreatif. Setelah perlakuan diberikan, hasil posttest memperlihatkan peningkatan yang sangat nyata, di mana seluruh siswa mengalami pergeseran ke kategori kreativitas yang lebih tinggi. Sebanyak 21 siswa (80,77%) diklasifikasikan dalam kategori sangat kreatif dan kategori kreatif sebanyak 5 siswa (19,23%), tanpa adanya siswa yang masuk kategori cukup, kurang, maupun tidak kreatif. Temuan tersebut menegaskan efektivitas penerapan model PjBL melalui pendekatan STEAM dalam meningkatkan tingkat kreativitas siswa secara menyeluruh.

Dengan acuan KKM sebesar 75, Tabel 5 menunjukkan tingkat ketuntasan kreativitas siswa kelas VII.A pada penerapan model PjBL berbasis STEAM.

Tabel 5. Distribusi Kriteria KKM Kreativitas pada Kelas VII.A

Kreativitas	KKM	Persentase Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM)	
		Tuntas	Tidak Tuntas
<i>Pre-Test</i>	75	0.00	100.00
<i>Post-Test</i>	75	80.77	19.23

Hasil analisis kreativitas menunjukkan bahwa pada tahap *pretest* seluruh siswa (100%) tidak tuntas berdasarkan KKM, namun setelah penerapan model Project-Based Learning (PjBL) dengan pendekatan STEAM terjadi peningkatan yang signifikan, dengan 80,77% siswa mencapai KKM dan hanya 19,23% yang belum tuntas pada *posttest*. Temuan ini menegaskan bahwa model PjBL berbasis STEAM memberikan dampak positif terhadap peningkatan kreativitas siswa, yang tercermin dari kenaikan persentase ketuntasan kreativitas dari 0% pada *pretest* menjadi 80,77% pada *posttest*, baik dari sisi capaian nilai maupun distribusi ketuntasan kreativitas belajar.

Selanjutnya, peningkatan kreativitas siswa diklasifikasikan ke dalam tiga kategori sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kategori Gain Kreativitas Siswa

Koefisien Normalisasi <i>Gain</i>	Frekuensi	Persentase	Kategori
$N - Gain < 0,3$	0	0%	Rendah
$0,3 \leq N - Gain < 0,7$	10	38,46%	Sedang
$N - Gain \geq 0,7$	16	61,54%	Tinggi
Total	26	100%	

Berdasarkan klasifikasi N-Gain yang disajikan pada Tabel 6, sebagian besar siswa menunjukkan peningkatan kreativitas pada kategori tinggi, yaitu sebanyak 16 siswa (61,54%), sedangkan 10 siswa (38,46%) berada pada kategori sedang, dengan tidak adanya siswa yang termasuk kategori rendah. Hasil ini memperlihatkan bahwa pembelajaran matematika melalui

model PjBL dengan pendekatan STEAM secara signifikan meningkatkan kreativitas siswa, meskipun besarnya peningkatan berbeda antar siswa.

c. Kemandirian Belajar Siswa

Kemandirian belajar siswa sebelum dan setelah penerapan model PjBL berbasis STEAM dianalisis berdasarkan hasil angket non-tes yang disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Statistik Kemandirian Belajar Peserta Didik

Statistik	Nilai Statistik		
	<i>Pretest</i>	<i>Posttest</i>	<i>N-Gain</i>
Ukuran Sampel	26	26	26
Mean	44.6	86.7	0.76
Median	46.5	87.5	0.76
Modus	19	89	0.86
Standar Deviasi	12.94	5.30	0.05
Range	46	20	0.24
Nilai Minimum	19	76	0.66
Nilai Maksimum	65	96	0.90

Hasil analisis statistik deskriptif kemandirian belajar menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan setelah penerapan model *Project-Based Learning* (PjBL) dengan pendekatan STEAM. Rata-rata skor kemandirian belajar siswa mengalami peningkatan signifikan dari 44,6 pada *pretest* menjadi 86,7 pada *posttest*, dengan nilai N-Gain 0,76 yang berada pada kategori tinggi. Peningkatan ini juga tercermin pada nilai median yang naik dari 46,5 menjadi 87,5 serta nilai modus yang berubah dari 19 menjadi 89. Meskipun standar deviasi meningkat dari 1,29 menjadi 5,30 yang menunjukkan variasi kemandirian belajar antar siswa semakin besar, rentang skor justru menyempit dari 46 menjadi 20. Selain itu, nilai minimum meningkat dari 19 menjadi 76, sementara nilai maksimum bertambah dari 65 menjadi 96. Rentang nilai N-Gain antara 0,66 hingga 0,90 mengindikasikan bahwa siswa mengalami peningkatan kemandirian belajar secara keseluruhan, meskipun dengan tingkat pencapaian yang berbeda. Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa penerapan model PjBL dengan pendekatan STEAM efektif dalam meningkatkan kemandirian belajar siswa dalam pembelajaran matematika. Selanjutnya, Nilai *pretest* dan *posttest* dari kemandirian belajar dikelompokkan dalam kategori kemandirian belajar, hasilnya akan ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengkategorian Kemandirian Belajar

Kemandirian Belajar	<i>pretest</i>	<i>posttest</i>	Kategori
$80,00 \leq x \leq 100$	0	22	Sangat Baik
$66,00 \leq x \leq 79,99$	0	4	Baik
$56,00 \leq x \leq 65,99$	5	0	Cukup
$40,00 \leq x \leq 55,99$	17	0	Kurang
$0 \leq x \leq 19,99$	4	0	Sangat Kurang

Distribusi kategori kemandirian belajar siswa sebagaimana disajikan pada Tabel 8 memperlihatkan peningkatan yang sangat signifikan setelah diterapkannya model PjBL yang diintegrasikan dengan pendekatan STEAM. Pada tahap awal (*pretest*), tidak terdapat siswa dengan kategori sangat baik maupun baik. Sebagian besar siswa berada pada kategori kurang dengan jumlah 17 siswa (65,38%), disusul kategori cukup terdapat lima siswa (19,23%) dan kategori sangat kurang sebanyak empat siswa (15,38%). Setelah perlakuan diberikan, hasil *posttest* menunjukkan perubahan distribusi yang sangat jelas, di mana seluruh siswa mengalami pergeseran ke kategori kemandirian belajar yang lebih tinggi. Mayoritas siswa berada pada kategori sangat baik sebanyak 22 orang (84,62%), dengan empat siswa (15,38%) termasuk kategori baik, tanpa adanya siswa pada kategori cukup, kurang, maupun sangat kurang. Temuan ini menegaskan bahwa penerapan model PjBL dengan pendekatan STEAM berpengaruh positif dan kuat terhadap peningkatan kemandirian belajar siswa.

Tabel 9 menyajikan pencapaian ketuntasan kemandirian belajar siswa kelas VII.A berdasarkan KKM sebesar 75.

Tabel 9. Distribusi Kriteria KKM Kemandirian pada Kelas VII.A

Kemandirian	KKM	Persentase Kriteria Ketuntasan Minimal	
		Tuntas	Tidak Tuntas
<i>Pre-Test</i>	75	0,00	100,00
<i>Post-Test</i>	75	84.62	15.38

Mengacu pada data Tabel 9, tingkat ketuntasan kemandirian belajar siswa mengalami peningkatan yang signifikan setelah diterapkannya model *Project-Based Learning* (PjBL) dengan pendekatan STEAM. Pada tahap *pretest*, seluruh siswa (100%) belum memenuhi Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM). Namun, pada tahap *posttest* terjadi peningkatan yang jelas, di mana sebanyak 84,62% siswa telah mencapai KKM, sementara 15,38% siswa masih belum tuntas. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan model PjBL berbasis STEAM memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kemandirian belajar siswa, yang tercermin dari peningkatan persentase ketuntasan dari 0% pada *pretest* menjadi 84,62% pada *posttest*. Selanjutnya, klasifikasi tingkat kemandirian belajar siswa ke dalam tiga kategori disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Klasifikasi *Gain* Kemandirian Belajar

Koefisien Normalisasi <i>Gain</i>	Frekuensi	Persentase	Kategori
$N - Gain < 0,3$	0	0%	Rendah
$0,3 \leq N - Gain < 0,7$	1	3,85%	Sedang
$N - Gain \geq 0,7$	25	96,15%	Tinggi
Total	26	100%	

Berdasarkan hasil klasifikasi N-Gain kemandirian belajar yang disajikan pada Tabel 10, hampir seluruh siswa menunjukkan peningkatan pada kategori tinggi, yaitu sebanyak 25 siswa (96,15%), sementara terdapat satu siswa (3,85%) yang berada pada kategori sedang dan tidak ada siswa yang termasuk kategori rendah. Hal ini menunjukkan bahwa penerapan model PjBL berbasis STEAM sangat efektif dalam meningkatkan kemandirian belajar siswa kelas VII.A, meskipun tingkat peningkatannya tetap bervariasi antar individu sebagaimana tercermin dari distribusi kategori N-Gain yang diperoleh.

2. Analisis Statistik Inferensial

Sebagai prasyarat pengujian hipotesis, data kreativitas dan kemandirian belajar siswa terlebih dahulu diuji normalitasnya untuk memastikan kesesuaian distribusi.

a. Uji Normalitas

Uji normalitas bertujuan untuk mengetahui pola distribusi data dalam penelitian. Pada penelitian ini, pengujian normalitas data dilakukan melalui uji Shapiro–Wilk dengan pertimbangan jumlah sampel yang dianalisis kurang dari 50. Adapun hasil pengujian tersebut disajikan sebagai berikut.

1) Uji Normalitas Kreativitas Siswa

Adapun nilai uji normalitas data Kreativitas dengan ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11. Uji Normalitas Data Kreativitas Siswa

<i>Test of Normality</i>	<i>Saphiro-Wilk</i>		
	<i>Statistics</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
<i>Posttest_Kreativitas</i>	.954	26	.280
<i>Ngain_Kreativitas</i>	.965	26	.503

Berdasarkan hasil uji normalitas Shapiro–Wilk yang disajikan pada Tabel 11, data kreativitas siswa dinyatakan mengikuti distribusi normal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai signifikansi pada posttest kreativitas sebesar 0,280, sedangkan nilai signifikansi N-Gain kreativitas sebesar 0,503. Kedua nilai signifikansi tersebut berada di atas batas signifikansi yang ditetapkan ($\alpha = 0,05$), sehingga persyaratan normalitas data terpenuhi. Oleh karena itu, data kreativitas siswa selanjutnya, dianalisis menggunakan teknik statistik parametrik berupa *One-Group Pretest–Posttest*.

2) Uji Normalitas Data Kemandirian Belajar

Adapun hasil uji normalitas data kemandirian belajar dengan ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12. Uji Normalitas Data Kemandirian Belajar

<i>Test of Normality</i>	<i>Saphiro-Wilk</i>		
	<i>Statistics</i>	<i>df</i>	<i>Sig.</i>
<i>Posttest_Kemandirian</i>	0,926	26	0,061
<i>Ngain_Kemandirian</i>	0,909	26	0,025

Normalitas data posttest kemandirian belajar terpenuhi berdasarkan hasil uji Shapiro–Wilk, dengan nilai signifikansi 0,061 yang melampaui taraf signifikansi ($\alpha = 0,05$). Sebaliknya, data N-Gain kemandirian belajar tidak memenuhi asumsi normalitas, yang ditunjukkan oleh nilai signifikansi sebesar $0,025 < \alpha$. Oleh karena itu, asumsi normalitas hanya terpenuhi pada data posttest kemandirian belajar, sehingga analisis statistik parametrik dapat diterapkan pada data tersebut, sedangkan analisis terhadap data N-Gain perlu menggunakan atau dipertimbangkan dengan teknik statistik nonparametrik Wilcoxon Signed-Rank Test.

b. Uji Hipotesis

1. Kreativitas

1) *One-Group Pretest–Posttest* dengan bantuan SPSS digunakan untuk menguji rata-rata kreativitas siswa pada posttest terhadap KKM. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 13.

Tabel 13. Output *One-Group Pretest–Posttest* Rata-rata *Post-test* Kreativitas

Test Value = 75						
	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
<i>Post-Test</i> Kreativitas	6.189	25	.000	9.57692	6.3900	12.7638

Berdasarkan output *One-Group Pretest–Posttest* yang disajikan pada Tabel 13, diperoleh nilai signifikansi dua arah (2-tailed) sebesar 0,000. Dengan mengacu pada kriteria pengambilan keputusan, yakni nilai signifikansi (2-tailed) lebih kecil dari 0,05, maka hipotesis nol (H_0) dinyatakan ditolak dan hipotesis kerja (H_1) diterima. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan antara nilai *pretest* dan *posttest*. Temuan ini menunjukkan bahwa rata-rata kreativitas siswa telah melampaui KKM sebesar 75, dengan nilai rata-rata mencapai 84,5, yang berarti H_1 diterima.

2) Pengujian terhadap rata-rata gain ternormalisasi kreativitas siswa dilakukan menggunakan *One-Group Pretest–Posttest* dengan bantuan perangkat lunak SPSS. Output hasil pengujian disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Output *One-Group Pretest–Posttest* rata-rata *Gain* Kreativitas

Test Value = 0.29						
	t	df	Sig. (2- tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
<i>N-Gain</i> Kreativitas	19.205	25	.000	.447515	.3995	.4955

Mengacu pada output *One-Group Pretest–Posttest* yang disajikan pada Tabel 14, nilai signifikansi dua arah (2-tailed) yang diperoleh sebesar 0,000. Karena nilai tersebut berada di

bawah taraf signifikansi 0,05, maka hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis kerja (H_1) diterima. Temuan ini menunjukkan bahwa rata-rata N-Gain kreativitas siswa melebihi 0,29, dengan rata-rata sebesar 0,73. Dengan demikian, H_1 dapat diterima.

- 3) Proporsi ketuntasan kreativitas secara klasikal dilakukan dengan Binomial Test menggunakan SPSS. Data output binomial test disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Output Binomial Test ketuntasan Kreativitas

			N	Observed Prop.	Test Prop.	Exact Sig. (1-tailed)
<i>PostTest</i> Kreativitas	Group 1	≤ 75	5	.19	.75	.000 ^a
	Group 2	> 75	21	.81		
	Total		26	1.00		

Mengacu pada hasil uji Binomial yang ditampilkan pada Tabel 15, diperoleh nilai signifikansi satu arah (1-tailed) sebesar 0,000. Berdasarkan kriteria pengambilan keputusan, yaitu nilai signifikansi (1-tailed) lebih kecil dari 0,05. Karena itu, hipotesis kerja (H_1) diterima.

2. Kemandirian Belajar

- 1) Pengujian rata-rata kemandirian belajar siswa hasil posttest terhadap KKM dilakukan menggunakan *One-Group Pretest–Posttest* dengan bantuan perangkat lunak SPSS. Hasil keluaran pengujian tersebut disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Output *One-Group Pretest–Posttest* Rata-rata Kemandirian Belajar

Test Value = 75							
		t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
						Lower	Upper
<i>Post-Test</i> Kemandirian Belajar		11.320	25	.000	11.76923	9.6280	13.9105

Berdasarkan hasil analisis *One-Group Pretest–Posttest* yang ditampilkan pada Tabel 16, diperoleh nilai signifikansi dua arah (2-tailed) sebesar 0,000. Nilai signifikansi tersebut berada di bawah batas yang ditetapkan, yaitu 0,05, sehingga hipotesis nol (H_0) ditolak dan hipotesis kerja (H_1) diterima. Temuan ini mengindikasikan adanya perbedaan yang signifikan antara skor *pretest* dan *posttest*. Selain itu, hasil analisis menunjukkan bahwa rata-rata kemandirian belajar siswa telah melampaui Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 75, dengan capaian nilai rata-rata sebesar 86,7. Oleh karena itu, H_0 ditolak.

- 2) Pengujian terhadap nilai rata-rata gain ternormalisasi kemandirian belajar siswa dilakukan menggunakan *One-Group Pretest–Posttest* dengan bantuan perangkat lunak SPSS. Hasil keluaran pengujian tersebut disajikan pada Tabel 17.

Tabel 17. Output Uji Wilcoxon Signed-Rank N-Gain Kemandirian Belajar

Test Value = 0.3					
Kategori	N	Mean	Sum of Rank	Z	Sig. (2-tailed)
Negative Ranks	0	.00	.000		
Positive Rank	26	13.50	351.00		
Ties	0	-	-		
Total	26			-4.457	.000

Berdasarkan hasil uji Wilcoxon Signed-Rank Test pada Tabel 17 diperoleh nilai signifikansi $0,000 < 0,05$, sehingga H_0 ditolak. Hal ini menunjukkan bahwa median nilai N-Gain kemandirian belajar siswa berbeda secara signifikan dari nilai acuan 0,30, sehingga dapat disimpulkan bahwa peningkatan kemandirian belajar siswa berada pada kategori sedang dan signifikan secara statistik. Dengan demikian, hipotesis kerja (H_1) dapat diterima.

- 3) Proporsi ketuntasan kemandirian belajar secara klasikal diuji dengan menggunakan Binomial Test melalui SPSS. Luaran SPSS disajikan pada Tabel 18.

Tabel 18. Output Binomial Test ketuntasan Kemandirian Belajar

		Category	N	Observed Prop.	Test Prop.	Exact Sig. (1-tailed)
PostTest Kemandirian	Group 1	≤ 75	0	.00	.75	.000 ^a
	Group 2	> 75	26	1.00		
	Total		26	1.00		

Pengujian menggunakan Binomial Test pada Tabel 18 menghasilkan nilai signifikansi satu arah (Exact Sig. = 0,000) yang berada di bawah taraf signifikansi $\alpha = 0,05$. Sehingga, H_1 diterima. Temuan tersebut mengindikasikan bahwa proporsi ketuntasan kemandirian belajar siswa secara klasikal setelah penerapan model PjBL dengan pendekatan STEAM secara signifikan lebih tinggi dibandingkan dengan proporsi ketuntasan yang diharapkan. Seluruh siswa (100%) memperoleh skor *posttest* di atas Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 75, sehingga menegaskan efektivitas model PjBL berbasis STEAM dalam meningkatkan kemandirian belajar siswa secara menyeluruh.

Secara pedagogis, peningkatan tersebut dapat dijelaskan melalui karakteristik utama *Project-Based Learning* yang menempatkan siswa sebagai pusat aktivitas pembelajaran. Dalam PjBL, siswa tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi terlibat aktif dalam proses perencanaan, eksplorasi, dan penyelesaian proyek yang menuntut pengambilan keputusan secara mandiri. Integrasi pendekatan STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*) memperkaya proses tersebut melalui penggunaan teknologi, representasi visual, serta pemecahan masalah kontekstual yang mendorong siswa untuk mengaitkan konsep

matematika dengan situasi nyata. Lingkungan belajar seperti ini berpotensi memfasilitasi perkembangan inisiatif belajar, tanggung jawab akademik, serta kemampuan mengelola strategi belajar secara mandiri, yang merupakan indikator penting dari kemandirian belajar siswa. Temuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa integrasi PjBL dan STEAM dapat mendukung pengembangan aspek afektif serta kemandirian belajar dalam pembelajaran matematika [16].

Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan adanya peningkatan skor kreativitas siswa setelah implementasi pembelajaran PjBL berbasis STEAM. Peningkatan tersebut dapat dipahami karena pembelajaran berbasis proyek memberi ruang bagi siswa untuk mengeksplorasi ide, merancang solusi, dan menghasilkan produk nyata sebagai representasi pemahaman konsep matematika. Aktivitas ini memungkinkan siswa mengembangkan berpikir fleksibel, orisinal, dan reflektif, yang merupakan dimensi penting dari kreativitas matematis. Integrasi unsur *science*, *technology*, *engineering*, *arts*, dan *mathematics* juga mendorong siswa untuk melihat konsep matematika dari berbagai perspektif serta menghubungkannya dengan konteks kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, proses pembelajaran tidak hanya berfokus pada prosedur penyelesaian soal, tetapi juga pada proses berpikir kreatif dalam merancang solusi terhadap permasalahan yang diberikan. Temuan ini konsisten dengan berbagai studi sebelumnya yang melaporkan bahwa penerapan PjBL dalam kerangka STEAM dapat memperkuat kemampuan berpikir kreatif serta keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa dalam pembelajaran matematika [17], [18].

Lebih lanjut, keterlibatan aktif siswa dalam setiap tahap proyek mulai dari perencanaan, pelaksanaan, hingga presentasi hasil, memberikan kesempatan bagi mereka untuk mengembangkan *self-regulated learning* yang mendorong mereka untuk mengatur proses pembelajaran secara mandiri, serta menumbuhkan inisiatif, rasa tanggung jawab, dan kepercayaan diri yang lebih kuat [19]. Aktivitas kolaboratif dan penugasan berbasis proyek memberikan ruang bagi siswa untuk mengatur strategi belajar, memecahkan masalah secara mandiri, dan merefleksikan hasil belajarnya. Hasil ini memperkuat temuan penelitian terdahulu yang menegaskan bahwa pembelajaran berbasis proyek dan pendekatan STEAM berkontribusi kuat terhadap pengembangan *self-regulated learning* dan kemandirian belajar siswa [20], [21].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis data pada desain *one-group pretest-posttest*, penerapan model *Project-Based Learning* (PjBL) dengan pendekatan STEAM menunjukkan adanya peningkatan pada kreativitas dan kemandirian belajar siswa setelah pelaksanaan pembelajaran matematika pada

materi bentuk aljabar. Kreativitas siswa yang pada awalnya berada pada kategori sedang meningkat menjadi tinggi, sedangkan kemandirian belajar yang semula berada pada kategori rendah meningkat hingga mencapai kategori sangat baik setelah pembelajaran. Temuan ini mengindikasikan bahwa aktivitas pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan eksplorasi masalah kontekstual, kolaborasi kelompok, serta presentasi hasil proyek berpotensi mendukung pengembangan kreativitas dan kemandirian belajar siswa. Secara praktis, guru matematika dapat mengintegrasikan PjBL–STEAM melalui perancangan proyek kontekstual yang mendorong siswa untuk mengeksplorasi ide, memecahkan masalah secara kolaboratif, dan merefleksikan proses belajar mereka. Namun demikian, penelitian selanjutnya disarankan menggunakan desain eksperimen atau kuasi-eksperimen dengan sampel yang lebih luas untuk memperoleh bukti empiris yang lebih kuat.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Trilling B, Fadel C. *21st century skills: learning for life in our times*. San Francisco (CA): Jossey-Bass; 2009.
- [2] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). *The future of education and skills: Education 2030*. Paris: OECD Publishing; 2018.
- [3] Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass.
- [4] Leikin R, Pitta-Pantazi D. Creativity and mathematics education: the state of the art. *ZDM Math Educ*. 2013;45(2):159–166.<https://doi.org/10.1007/s11858-012-0459-1>.
- [5] Djam'an N, Asrawati N, Sappaile BI, Sidjara S. Development of a model of creative thinking based on mathematical literacy. *World Trans Eng Technol Educ*. 2023;21(4):273–279.
- [6] Guilford, J. P. (1950). Creativity. *American Psychologist*, 5(9), 444–454. <https://doi.org/10.1037/h0063487>.
- [7] Runco, M. A., & Acar, S. (2012). Divergent thinking as an indicator of creative potential. *Creativity Research Journal*, 24(1), 66–75. <https://doi.org/10.1080/10400419.2012.652929>.
- [8] Hendriana H, Rohaeti EE, Sumarmo U. *Hard skills dan soft skills matematik siswa*. Bandung: Refika Aditama; 2017.
- [9] Djam'an N, Nasir NA, Sahid. The impact of the Think-Pair-Share (TPS) cooperative learning model on students' engagement and mathematics achievement in powers and roots

- topics. *Daya Matematis: J Inov Pendidik Mat.* 2025;13(2):105–114.
<https://ojs.unm.ac.id/JDM/article/view/71975>.
- [10] Djam'an N. Examining the implementation of environmental education in the STEAM approach for sustainability. *Discover Educ.* 2025;4:410. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00837-4>.
- [11] Perignat E, Katz-Buonincontro J. STEAM in practice and research: an integrative literature review. *Thinking Skills Creat.* 2019;31:31–43.
<https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>.
- [12] Schunk DH, Greene JA, editors. *Handbook of self-regulation of learning and performance*. 2nd ed. New York (NY): Routledge; 2018.
<https://doi.org/10.4324/9781315697048>.
- [13] Zimmerman BJ. Becoming a self-regulated learner: an overview. *Theory Into Practice.* 2002;41(2):64–70. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4102_2.
- [14] Bell S. Project-based learning for the 21st century: skills for the future. *Clearing House.* 2010;83(2):39–43. <https://doi.org/10.1080/00098650903505415>.
- [15] Djam'an N, Bernard, Sahid. Developing students' creativity in building city mathematics through project-based learning. *J Phys Conf Ser.* 2021;1899(1):012147.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1899/1/012147>.
- [16] Setiawan, W., Juniati, D., & Khabibah, S. (2024). Studi literatur: Berpikir kreatif dalam pemecahan masalah matematika. *Jurnal Ilmiah Soulmath: Jurnal Edukasi Pendidikan Matematika*, 12(1), 43–54. <https://doi.org/10.25139/smj.v12i1.7548>.
- [17] Munandar, & Utami. (1992). *Mengembangkan Bakat dan Kreativitas Anak Sekolah*. Jakarta: Gramedia Widiasarana.
- [18] Marsidi, M. (2025). The integration of the RBL-STEM learning model and graph theory in solving transportation and logistics optimization problems to enhance students' computational thinking skills. *Jurnal Ilmiah Soulmath: Jurnal Edukasi Pendidikan Matematika*, 13(1), 49–66. <https://doi.org/10.25139/smj.v13i1.10025>.
- [19] Djam'an N, Amaliah N, Arwadi F. Pengaruh penerapan model project based learning dengan pendekatan STEM terhadap peningkatan kemampuan berpikir kreatif matematis siswa pada materi bangun ruang sisi lengkung di SMP. *Proximal: J Penelit Mat dan Pendidik Mat.* 2025;8(4):1009–1020. <https://doi.org/10.30605/proximal.v8i4.6716>.
- [20] Melele V, Ramaboka ME. The design thinking approach to students' STEAM projects. *Procedia CIRP.* 2020;91:230–236. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.03.100>.

- [21] Djam'an N, Talib A, Wahdania A, Arfah A. Development of student activity sheets based on educational principles for sustainable development in mathematics learning. In: Aswi A, et al., editors. *Proceedings of the International Conference on Sciences, Technology and Education (ICSTE 2024)*. Advances in Social Science, Education and Humanities Research. Vol 898. Amsterdam: Atlantis Press; 2024. p. 335–341. doi: [10.2991/978-2-38476-335-1.7](https://doi.org/10.2991/978-2-38476-335-1.7).

