**SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA**
Vol. 6, No. 4, September-November 2026
e-ISSN : 2797-1031 | p-ISSN : 2797-0744
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/science

# PENGARUH PROJECT-BASED LEARNING BERBASIS TECHNOLOGICAL PEDAGOGICAL CONTENT KNOWLEDGE (TPACK) TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KREATIF MATEMATIS MAHASISWA PADA MATERI ELIPS

**Vina Lusiana**
Universitas Pertahanan
e-mail: vina.lusiana@idu.ac.id

Diterima: *12/10/2026*; Direvisi: *19/10/2026*; Diterbitkan: *2/11/2026*

## ABSTRAK

Kemampuan berpikir kreatif matematis merupakan salah satu keterampilan berpikir tingkat tinggi yang penting untuk dikembangkan dalam pembelajaran matematika di perguruan tinggi. Namun, kemampuan tersebut masih perlu ditingkatkan, khususnya pada materi yang bersifat abstrak seperti elips dalam mata kuliah Geometri Analitik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan *Project-Based Learning* (PjBL) berbasis *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) terhadap kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain *pre-experimental* tipe *one-group pretest-posttest*. Subjek penelitian terdiri atas 25 mahasiswa Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer Universitas Pertahanan Republik Indonesia yang mengikuti mata kuliah Geometri Analitik. Data dikumpulkan melalui tes kemampuan berpikir kreatif matematis yang mencakup indikator *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*. Data dianalisis menggunakan uji normalitas Shapiro–Wilk, *paired samples t-test*, uji Wilcoxon, dan analisis *Normalized Gain* (N-Gain). Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata skor kemampuan berpikir kreatif matematis meningkat dari 59,24 pada pretest menjadi 85,32 pada posttest. Hasil uji *paired samples t-test* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara skor pretest dan posttest ($p < 0,05$), yang diperkuat oleh hasil uji Wilcoxon dengan nilai signifikansi 0,000. Selain itu, nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,747 berada pada kategori tinggi. Dengan demikian, penerapan PjBL berbasis TPACK terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa pada materi elips.

**Kata kunci:** *kemampuan berpikir kreatif matematis, Project-Based Learning, TPACK, elips, geometri analitik.*

## ABSTRACT

Mathematical creative thinking skills are among the higher-order thinking skills that are essential to be developed in mathematics learning at the higher education level. However, these skills still require improvement, particularly in learning abstract topics such as ellipses in Analytic Geometry courses. This study aimed to analyze the effect of Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)-based Project-Based Learning (PjBL) on students' mathematical creative thinking skills. The study employed a quantitative approach using a pre-experimental one-group pretest–posttest design. The participants consisted of 25 students from the Mathematics Study Program, Faculty of Military Mathematics and Natural Sciences, Universitas Pertahanan Republik Indonesia, who were enrolled in the Analytic Geometry course. Data were collected through a mathematical creative thinking skills test based on four indicators: fluency, flexibility, originality, and elaboration. The data were analyzed using the Shapiro–Wilk normality test, paired samples t-test, Wilcoxon signed-rank test, and Normalized

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16405

SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
Vol. 6, No. 4, September-November 2026
e-ISSN : 2797-1031 | p-ISSN : 2797-0744
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/science

Gain (N-Gain) analysis. The results showed that the mean score of students' mathematical creative thinking skills increased from 59.24 on the pretest to 85.32 on the posttest. The paired samples t-test revealed a statistically significant difference between the pretest and posttest scores ($p < 0.05$), which was further confirmed by the Wilcoxon signed-rank test with a significance value of 0.000. Furthermore, the mean N-Gain score of 0.747 was categorized as high. These findings indicate that TPACK-based Project-Based Learning is effective in improving students' mathematical creative thinking skills in learning the topic of ellipses.
**Keywords:** *mathematical creative thinking skills, Project-Based Learning, TPACK, ellipses, analytic geometry.*

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital dan tuntutan kompetensi abad ke-21 telah membawa perubahan yang signifikan terhadap praktik pembelajaran di perguruan tinggi (OECD, 2021). Pendidikan tinggi tidak lagi hanya berorientasi pada penguasaan konsep dan prosedur akademik, tetapi juga dituntut untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi (Higher Order Thinking Skills/HOTS), seperti berpikir kritis, berpikir kreatif, kolaborasi, komunikasi, dan pemecahan masalah yang kompleks (Heri & Qomari, 2025). Dalam konteks pendidikan matematika, pengembangan kemampuan tersebut menjadi penting karena matematika berperan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan berbasis data, pemodelan, dan analisis berbagai permasalahan nyata yang dihadapi masyarakat maupun organisasi modern (Abdullah et al., 2017)

Salah satu kemampuan yang mendapat perhatian khusus dalam pembelajaran matematika adalah kemampuan berpikir kreatif matematis. Kemampuan ini mencakup kelancaran menghasilkan ide (fluency), keluwesan dalam memilih strategi penyelesaian masalah (flexibility), kebaruan solusi (originality), dan kemampuan mengembangkan gagasan secara rinci (elaboration). Kemampuan berpikir kreatif matematis menjadi salah satu indikator keberhasilan pembelajaran abad ke-21 karena memungkinkan mahasiswa menghasilkan berbagai alternatif solusi terhadap permasalahan yang dihadapi (Aulia et al., 2026; Nugroho et al., 2020). Namun demikian, berbagai penelitian menunjukkan bahwa pembelajaran matematika yang masih berpusat pada dosen cenderung kurang mampu mengembangkan kreativitas mahasiswa secara optimal. Proses pembelajaran yang menekankan transfer informasi dan latihan prosedural sering kali membuat mahasiswa hanya berfokus pada satu jawaban benar tanpa mengeksplorasi berbagai kemungkinan penyelesaian masalah. Kondisi ini menyebabkan kemampuan berpikir kreatif matematis berkembang secara terbatas dan kurang terlatih dalam menghadapi permasalahan kontekstual yang kompleks (Lusiana, 2023; Zulyusri et al., 2023)

Salah satu model pembelajaran yang dinilai efektif untuk mengembangkan kreativitas dan kemampuan berpikir tingkat tinggi adalah Project-Based Learning (PjBL). Model ini menempatkan mahasiswa sebagai pusat pembelajaran melalui kegiatan proyek yang menuntut eksplorasi, investigasi, kolaborasi, dan penyelesaian masalah nyata. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan PjBL mampu meningkatkan kreativitas, kemampuan berpikir kreatif matematis, serta kemampuan pemecahan masalah peserta didik dibandingkan dengan pembelajaran konvensional (Hidayati, 2024; Ningsih et al., 2020; Purwati et al., 2024). Selain itu, hasil kajian sistematis juga menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek memberikan kontribusi positif terhadap pengembangan kreativitas dan keterampilan berpikir kompleks dalam pembelajaran matematika dan sains (Islamiati & Irfan, 2022; Sridana et al., 2025; Zulyusri et al., 2023)

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16405

SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
Vol. 6, No. 4, September-November 2026
e-ISSN : 2797-1031 | p-ISSN : 2797-0744
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/science

Seiring dengan perkembangan teknologi pendidikan, implementasi PjBL perlu didukung oleh integrasi teknologi yang tepat agar proses pembelajaran menjadi lebih efektif. Salah satu kerangka yang banyak digunakan dalam integrasi teknologi pembelajaran adalah Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) . Kerangka TPACK menekankan pentingnya perpaduan antara pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten materi dalam merancang pembelajaran yang bermakna. Dalam pembelajaran matematika, integrasi TPACK memungkinkan dosen memanfaatkan teknologi digital untuk memvisualisasikan konsep abstrak, memfasilitasi eksplorasi konsep, dan meningkatkan keterlibatan mahasiswa dalam proses pembelajaran (Sridana et al., 2025)

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan pembelajaran berbasis TPACK berkontribusi terhadap peningkatan kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa. Integrasi teknologi yang dirancang berdasarkan kerangka TPACK membantu mahasiswa memahami konsep matematika secara lebih mendalam sekaligus mengembangkan kemampuan analisis, evaluasi, dan kreativitas dalam menyelesaikan masalah (Ningsih et al., 2020; Purwati et al., 2024; Siswono et al., 2023). Oleh karena itu, kombinasi antara Project-Based Learning dan TPACK dipandang memiliki potensi yang besar dalam mengembangkan kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa.(Permana et al., 2023; Vistara et al., 2022)

Salah satu materi matematika yang memerlukan kemampuan visualisasi, pemodelan, dan kreativitas tinggi adalah elips pada geometri analitik. Konsep elips tidak hanya dipelajari sebagai objek matematika abstrak, tetapi juga memiliki berbagai aplikasi dalam sistem navigasi, radar, analisis orbit, dan pemodelan lintasan. Meskipun demikian, mahasiswa sering mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antara representasi aljabar dan geometris pada materi ini sehingga proses pembelajaran menjadi kurang bermakna apabila hanya disampaikan melalui metode ceramah. Penggunaan proyek berbasis teknologi memungkinkan mahasiswa mengonstruksi konsep elips secara lebih kontekstual melalui kegiatan eksplorasi, visualisasi, dan pemodelan matematis (Hidayati, 2024). Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas Project-Based Learning maupun TPACK secara terpisah, penelitian yang secara khusus mengkaji pengaruh Project-Based Learning berbasis TPACK terhadap kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa pada materi elips masih relatif terbatas, khususnya dalam konteks pendidikan tinggi berbasis pertahanan. Padahal, mahasiswa pada lingkungan pendidikan pertahanan memerlukan kemampuan berpikir kreatif yang kuat untuk mendukung penyelesaian berbagai persoalan matematis yang berkaitan dengan sistem pertahanan, teknologi, dan pengambilan keputusan strategis.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penerapan Project-Based Learning berbasis Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) terhadap kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa Program Studi Matematika pada materi elips. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris terhadap pengembangan pembelajaran matematika di perguruan tinggi serta memperkaya kajian mengenai integrasi Project-Based Learning dan TPACK dalam meningkatkan kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa.

## METODE PENELITIAN

### METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode pra-eksperimen (*pre-experimental design*) tipe *one-group pretest-posttest design*. Desain ini digunakan untuk menganalisis perubahan kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa sebelum dan sesudah penerapan model *Project-Based Learning* (PjBL) berbasis *Technological Pedagogical*

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16405

SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
Vol. 6, No. 4, September-November 2026
e-ISSN : 2797-1031 | p-ISSN : 2797-0744
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/science

*Content Knowledge* (TPACK). Desain penelitian terdiri atas pretest ($O_1$), perlakuan (X), dan posttest ($O_2$). Penelitian dilaksanakan pada mahasiswa Program Studi Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Militer Universitas Pertahanan Republik Indonesia yang menempuh mata kuliah Geometri Analitik pada materi elips. Subjek penelitian berjumlah 25 mahasiswa yang berasal dari satu kelas pembelajaran. Instrumen penelitian berupa tes uraian kemampuan berpikir kreatif matematis yang disusun berdasarkan indikator *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration* (Darwanto, D, 2019). Instrumen telah melalui proses validasi isi (*expert judgment*) oleh ahli matematika dan pendidikan matematika sebelum digunakan dalam penelitian.

Perlakuan yang diberikan berupa pembelajaran menggunakan model Project-Based Learning berbasis TPACK pada materi elips. Selama proses pembelajaran, mahasiswa mengembangkan proyek yang mengintegrasikan konsep geometri analitik, pemecahan masalah kontekstual, dan pemanfaatan teknologi digital untuk mendukung visualisasi serta pemodelan matematika. Data penelitian berupa skor pretest dan posttest dianalisis secara kuantitatif menggunakan bantuan SPSS versi 27. Analisis data diawali dengan uji normalitas Shapiro–Wilk. Selanjutnya, perbedaan kemampuan berpikir kreatif matematis sebelum dan sesudah perlakuan dianalisis menggunakan *paired samples t-test*. Efektivitas pembelajaran juga dianalisis menggunakan indeks *Normalized Gain* (N-Gain) yang diklasifikasikan ke dalam kategori tinggi ($g \geq 0{,}70$), sedang ($0{,}30 \leq g < 0{,}70$), dan rendah ($g < 0{,}30$) (Meltzer, 2002).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Deskripsi data penelitian diawali dengan menyajikan sebaran statistik kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa sebelum dan sesudah penerapan model PjBL berbasis TPACK pada materi elips. Hasil evaluasi mencerminkan kemampuan awal mahasiswa yang masih terbatas dalam menemukan alternatif penyelesaian serta kemampuan akhir yang telah mengalami penguatan konseptual. Pengukuran kuantitatif ini melibatkan 25 mahasiswa dengan menghitung skor minimum, skor maksimum, nilai rata-rata, dan standar deviasi. Ringkasan sebaran statistik deskriptif kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa dipaparkan secara rinci pada Tabel 1.

**Tabel 1. Statistik Deskriptif Kemampuan Berpikir Kreatif Matematis Mahasiswa**

| Statistik Deskriptif | Nilai Pretest | Nilai Posttest |
|---|---|---|
| **Jumlah Sampel (*N*)** | 25 | 25 |
| **Skor Minimum** | 40,00 | 65,00 |
| **Skor Maksimum** | 90,00 | 100,00 |
| **Rata-rata (*Mean*)** | 59,24 | 85,32 |
| **Standar Deviasi** | 15,30 | 10,17 |

Berdasarkan data pada Tabel 1, terjadi peningkatan skor kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa yang sangat signifikan setelah diberikan perlakuan pembelajaran. Skor rata-rata mahasiswa melonjak dari 59,24 pada saat *pretest* menjadi 85,32 pada saat *posttest*, yang menandakan adanya peningkatan sebesar 26,08 poin. Skor minimum mahasiswa juga mengalami peningkatan dari 40,00 menjadi 65,00, sementara skor maksimum mencapai nilai sempurna 100,00. Nilai standar deviasi mengalami penurunan dari 15,30 menjadi 10,17, yang mengindikasikan bahwa variasi kemampuan berpikir kreatif antarmahasiswa menjadi lebih merata setelah pembelajaran berbasis proyek. Kenaikan nilai pada Tabel 1 membuktikan bahwa mahasiswa mampu menyajikan solusi matematika yang lebih kaya dan terperinci setelah intervensi.

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16405

SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
Vol. 6, No. 4, September-November 2026
e-ISSN : 2797-1031 | p-ISSN : 2797-0744
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/science

Sebelum menentukan uji komparasi hipotesis yang sesuai, data hasil evaluasi harus diuji pemenuhan asumsi normalitas distribusinya. Uji normalitas *Shapiro–Wilk* dipilih karena ukuran sampel dalam penelitian ini berjumlah 25 subjek ($N < 50$). Pengujian dilakukan terhadap nilai *pretest*, *posttest*, serta selisih nilai antara *posttest* dan *pretest* untuk memastikan kelayakan uji parametrik. Rangkuman hasil pengujian normalitas data disajikan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Uji Normalitas *Shapiro–Wilk***

| Variabel Pengujian | Nilai Statistik Shapiro–Wilk | Derajat Kebebasan (df) | Signifikansi (p-value) | Keterangan Distribusi |
|---|---|---|---|---|
| **Skor *Pretest* Elips** | 0,915 | 25 | 0,050 | Berdistribusi Normal |
| **Skor *Posttest* Elips** | 0,927 | 25 | 0,065 | Berdistribusi Normal |
| **Selisih (*Posttest* – *Pretest*)** | 0,941 | 25 | 0,155 | Berdistribusi Normal |

Hasil pengujian pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai signifikansi untuk skor *pretest* sebesar 0,050, skor *posttest* sebesar 0,065, dan selisih skor kedua tes sebesar 0,155. Seluruh nilai signifikansi yang diperoleh lebih besar atau sama dengan taraf signifikansi $\alpha = 0{,}05$, sehingga sebaran data dinyatakan berdistribusi normal. Terpenuhinya asumsi normalitas ini memungkinkan penggunaan uji statistik parametrik *paired samples t-test* untuk menguji hipotesis penelitian. Selain itu, temuan normalitas pada Tabel 2 menegaskan bahwa peningkatan kemampuan berpikir kreatif mahasiswa terdistribusi secara wajar tanpa adanya nilai pencilan yang ekstrem.

Pengujian hipotesis komparatif dilakukan menggunakan uji parametrik *paired samples t-test* untuk menguji ada tidaknya perbedaan rata-rata skor sebelum dan sesudah tindakan. Uji ini mengevaluasi apakah perlakuan PjBL berbasis TPACK memberikan dampak yang nyata terhadap kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa. Derajat kebebasan yang digunakan adalah $df = 24$ dengan kriteria penolakan hipotesis nol jika nilai signifikansi dua sisi lebih kecil dari 0,05. Hasil kalkulasi uji *paired samples t-test* dipaparkan secara lengkap pada Tabel 3.

**Tabel 3. Hasil Uji Hipotesis Komparatif *Paired Samples t-Test***

| Pasangan Pengujian | Rata-rata Selisih (Mean) | Standar Deviasi | Nilai thitung | df | Sig. (2-tailed) |
|---|---|---|---|---|---|
| ***Pair 1*: *Pretest* – *Posttest* Elips** | -26,080 | 9,552 | -13,651 | 24 | 0,000 |

Data pada Tabel 3 memperlihatkan nilai $t_{\text{hitung}}$ sebesar -13,651 dengan nilai signifikansi dua sisi sebesar 0,000 ($p < 0{,}05$). Karena nilai signifikansi jauh berada di bawah ambang batas 0,05, maka hipotesis nol ($H_0$) ditolak dan hipotesis kerja ($H_1$) diterima. Temuan statistik pada Tabel 3 membuktikan bahwa terdapat pengaruh yang sangat signifikan dari penerapan model PjBL berbasis TPACK terhadap kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa. Arah selisih nilai rata-rata yang bernilai negatif (-26,080) menegaskan bahwa performa mahasiswa pada saat *posttest* secara meyakinkan melampaui capaian awal saat *pretest*.

Untuk memperkokoh derajat keabsahan kesimpulan parametrik tersebut, analisis nonparametrik *Wilcoxon signed-rank test* dilakukan sebagai prosedur konfirmasi data berpasangan. Uji ini mengevaluasi arah pergeseran ranking skor mahasiswa antara sebelum dan sesudah perlakuan. Nilai statistik $Z$ dihitung berdasarkan selisih peringkat bertanda negatif dan positif. Hasil analisis uji *Wilcoxon signed-rank test* disajikan pada Tabel 4.

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16405

SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
Vol. 6, No. 4, September-November 2026
e-ISSN : 2797-1031 | p-ISSN : 2797-0744
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/science

**Tabel 4. Hasil Uji Konfirmasi *Wilcoxon Signed-Rank Test***

| Parameter Uji Nonparametrik | Nilai Statistik Pengujian (Posttest – Pretest) |
|---|---|
| **Nilai $Z_{hitung}$** | -4,392 |
| **Asumsi Signifikansi Asimtotik (*Asymp. Sig. 2-tailed*)** | 0,000 |

Berdasarkan hasil uji pada Tabel 4, diperoleh nilai statistik $Z$ sebesar -4,392 dengan nilai signifikansi asimtotik sebesar 0,000 ($p < 0,05$). Nilai signifikansi yang berada di bawah 0,05 ini memperkuat penolakan hipotesis nol dan mengonfirmasi keunggulan skor akhir mahasiswa secara konsisten. Seluruh mahasiswa mengalami peningkatan skor positif tanpa adanya subjek yang mengalami penurunan nilai setelah mengikuti perkuliahan berbasis proyek. Temuan konfirmasi pada Tabel 4 ini membuktikan secara mantap bahwa perubahan kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa bersifat kokoh dan signifikan.

Tahap analisis hasil selanjutnya diarahkan untuk mengukur tingkat efektivitas peningkatan kemampuan mahasiswa menggunakan indeks *Normalized Gain* (*N-Gain*). Indeks *N-Gain* menghitung rasio peningkatan aktual terhadap peningkatan maksimum yang mungkin dicapai oleh masing-masing mahasiswa. Perhitungan ini memetakan nilai perolehan skor mentah dan skor persentase untuk menentukan efektivitas perlakuan. Ringkasan hasil perhitungan indeks efektivitas *N-Gain* dirangkum pada Tabel 5.

**Tabel 5. Hasil Analisis Indeks Efektivitas *N-Gain***

| Parameter Pengukuran N-Gain | N | Nilai Minimum | Nilai Maksimum | Nilai Rata-rata | Standar Deviasi | Kategori Efektivitas |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Skor *N-Gain*** | 25 | 0,500 | 1,000 | 0,747 | 0,163 | Tinggi |
| **Persentase *N-Gain* (%)** | 25 | 50,00 | 100,00 | 74,68 | 16,28 | Efektif |

Tabel 5 menunjukkan bahwa nilai rata-rata *N-Gain* yang dicapai mahasiswa adalah sebesar 0,747 atau setara dengan 74,68%. Berdasarkan kriteria Meltzer (2002), nilai $g \geq 0,70$ tergolong ke dalam kategori efektivitas tinggi. Mahasiswa mencatatkan skor *N-Gain* terendah sebesar 0,500 yang berada pada kategori sedang, dan skor tertinggi sebesar 1,000 yang mencapai peningkatan maksimal. Rangkuman data pada Tabel 5 ini menegaskan bahwa penerapan model PjBL berbasis TPACK terbukti efektif secara pedagogis dalam mendorong lompatan kemampuan berpikir kreatif mahasiswa pada materi elips.

**Pembahasan**

Keberhasilan peningkatan kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa didorong oleh alur sintaks PjBL yang terstruktur dan terpadu selama proses perkuliahan berlangsung. Alur pembelajaran diawali dengan tahap penentuan pertanyaan mendasar, di mana dosen memantik rasa ingin tahu mahasiswa melalui permasalahan simulasi navigasi satelit dan bentuk geometri reflektor radar yang memanfaatkan sifat fisis fokus elips. Pada tahap kedua, perancangan rencana proyek, mahasiswa membentuk kelompok kerja kecil untuk merumuskan pembagian tugas, sketsa matematis awal, serta memilih instrumen teknologi yang relevan. Tahap ketiga berlanjut pada penyusunan jadwal proyek secara terinci yang menetapkan batas waktu penyelesaian formulasi matematis, pembuatan model digital, hingga penyusunan laporan teknis.

Sintaks pembelajaran dilanjutkan dengan tahap keempat, yaitu monitoring keaktifan dan perkembangan proyek oleh dosen. Pada tahap ini, dosen memfasilitasi proses penelusuran pustaka, memberikan bimbingan berkala (*scaffolding*), dan membantu mahasiswa mengurai

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16405

SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
Vol. 6, No. 4, September-November 2026
e-ISSN : 2797-1031 | p-ISSN : 2797-0744
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/science

hambatan analitis dalam menentukan persamaan elips horizontal maupun vertikal. Tahap kelima adalah pengujian hasil dan penilaian produk proyek, di mana setiap kelompok mempresentasikan visualisasi model elips mereka di depan kelas dan mendemonstrasikan keabsahan persamaannya. Rangkaian aktivitas diakhiri dengan tahap evaluasi pengalaman belajar, yaitu refleksi kritis bersama antara dosen dan mahasiswa mengenai kekuatan rancangan proyek, kendala pemodelan yang dihadapi, serta peluang pengembangan konsep elips pada kasus teknologi pertahanan lainnya.

Efektivitas sintaks PjBL tersebut diperkuat oleh integrasi TPACK yang memadukan domain teknologi, pedagogi, dan materi geometri analitik secara harmonis. Unsur teknologi diwujudkan melalui pemanfaatan perangkat lunak dinamis *GeoGebra* dan aplikasi kalkulator aljabar grafis yang berfungsi sebagai jembatan kognitif bagi mahasiswa. Unsur pedagogis dijalankan melalui pendekatan konstruktivistik, investigasi kolaboratif, serta pemberian tugas terbuka (*open-ended tasks*) yang menantang nalar kreatif mahasiswa. Sementara itu, unsur konten materi dipusatkan pada penguasaan mendalam hukum-hukum geometri elips, hubungan aljabar sumbu mayor-minor, nilai eksentrisitas, serta transformasi koordinat kartesius ke dalam koordinat kutub. Perpaduan ketiga komponen TPACK ini berhasil mengubah pembelajaran elips yang semula abstrak dan kaku menjadi pengalaman visual yang interaktif dan mudah dimanipulasi (Sridana et al., 2025).

Penerapan pembelajaran terpadu ini memberikan dampak nyata terhadap perkembangan seluruh indikator berpikir kreatif matematis mahasiswa jika dibandingkan antara sebelum dan sesudah perlakuan. Pada indikator kelancaran (*fluency*), mahasiswa yang awalnya hanya mampu menuliskan satu bentuk persamaan umum elips standar saat *pretest* kini mampu menghasilkan banyak representasi matematis yang bervariasi saat *posttest*. Pada indikator keluwesan (*flexibility*), mahasiswa menunjukkan fleksibilitas strategi penyelesaian dengan memanfaatkan translasi sumbu dan pendekatan vektor alih-alih terpaku pada rumus aljabar hafalan. Pada indikator keaslian (*originality*), mahasiswa berhasil merancang sketsa elips inovatif untuk memodelkan lintasan intersepsi objek taktis udara yang belum pernah disajikan dalam buku teks perkuliahan. Terakhir, pada indikator elaborasi (*elaboration*), mahasiswa menunjukkan kemahiran dalam menguraikan pembuktian titik fokus, merinci perhitungan jarak fokus, serta menjelaskan implikasi fisis sifat pemantulan elips secara komprehensif dan sistematis.

Temuan penelitian ini selaras dengan simpulan Islamiati dan Irfan (2022) serta Ningsih et al. (2020) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis proyek memberikan ruang yang luas bagi peserta didik untuk memformulasikan ide-ide kreatif secara mandiri. Keberhasilan integrasi teknologi dalam PjBL ini juga memperkuat hasil studi Purwati et al. (2024) dan Siswono et al. (2023) yang menegaskan bahwa visualisasi digital membantu mahasiswa memahami abstraksi matematis sekaligus mengasah keterampilan berpikir tingkat tinggi. Perolehan *N-Gain* sebesar 0,747 pada penelitian ini membuktikan bahwa penguasaan teknologi yang dipadukan dengan pedagogi proyek mampu mengeliminasi kesulitan mahasiswa dalam mengonstruksi materi geometri analitik (Hidayati, 2024). Di lingkungan perguruan tinggi pertahanan, keterampilan berpikir kreatif ini sangat esensial untuk membentuk calon ilmuwan militer yang tangguh dan adaptif dalam menyelesaikan persoalan teknologi pertahanan modern yang kompleks. Oleh karena itu, pengembangan kemampuan berpikir kreatif melalui integrasi teknologi dan pembelajaran berbasis proyek perlu dipandang sebagai strategi penting dalam menyiapkan mahasiswa menghadapi tantangan era digital yang terus berkembang (Asia et al., 2025; Fatimah & Bramastia, 2022; Hadi et al., 2025; Manjani et al., 2024; Nursaya'bani et al., 2025; Zakiah et al., 2020).

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16405

SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
Vol. 6, No. 4, September-November 2026
e-ISSN : 2797-1031 | p-ISSN : 2797-0744
Online Journal System : https://jurnalp4i.com/index.php/science

## KESIMPULAN

Penerapan model *Project-Based Learning* (PjBL) berbasis *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) terbukti berpengaruh positif dan signifikan terhadap peningkatan kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa pada materi elips. Peningkatan tersebut dibuktikan oleh kenaikan skor rata-rata kemampuan berpikir kreatif mahasiswa dari 59,24 pada saat *pretest* menjadi 85,32 pada saat *posttest*. Hasil pengujian hipotesis menggunakan *paired samples t-test* menghasilkan nilai $t = -13{,}651$ dengan signifikansi $0{,}000 < 0{,}05$, yang dikonfirmasi oleh hasil uji *Wilcoxon signed-rank* dengan nilai $Z = -4{,}392$ dan signifikansi 0,000. Efektivitas intervensi ini diperkuat oleh perolehan nilai rata-rata *N-Gain* sebesar 0,747 yang berada pada kategori efektivitas tinggi.

Keberhasilan pembelajaran ini didukung oleh keterpaduan alur sintaks PjBL dan visualisasi dinamis berbasis TPACK yang memfasilitasi mahasiswa dalam mengembangkan aspek *fluency*, *flexibility*, *originality*, dan *elaboration*. Mahasiswa tidak hanya menguasai konsep elips secara teoritis, tetapi juga mampu mengaplikasikannya dalam proyek pemodelan matematika terapan yang relevan dengan konteks pertahanan. Model PjBL berbasis TPACK direkomendasikan bagi dosen matematika sebagai strategi instruksional inovatif untuk mengajarkan topik-topik geometri dan kalkulus yang membutuhkan daya visualisasi tinggi. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan menerapkan desain eksperimen murni (*true experimental design*) dengan melibatkan kelompok kontrol serta memperluas cakupan sampel lintas program studi guna menguji konsistensi dampak model pembelajaran ini.

## DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, A. H., Mokhtar, M., Halim, N. D. A., Ali, D. F., Tahir, L. M., & Kohar, U. H. A. (2017). Mathematics teachers' level of knowledge and practice on the implementation of higher-order thinking skills (HOTS). *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *13*(1), 3–17. https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00601a

Asia, N., Mukhlis, M., Fadilah, N., Dila, D., & Latief, S. A. (2025). Analisis kreativitas mahasiswa PGSD dalam integrasi media digital dengan model project based learning. *ELEMENTARY: Jurnal Inovasi Pendidikan Dasar*, *5*(1), 23–32. https://doi.org/10.51878/elementary.v5i1.4160

Aulia, M., Fatimah, S., & Izzah, A. (2026). The potential integration of computational thinking as a 21st-century competency in mathematics learning in Indonesia. *Proceedings of the 9th International Conference on Education and E-Learning (ICEEL 2025)*, *1*(1), 112–119. https://doi.org/10.1145/3789859.3789929

Darwanto, D. (2019). Hard skills matematik siswa. *Eksponen: Jurnal Pendidikan Matematika*, *9*(1), 21–27. https://doi.org/10.47637/eksponen.v9i1.189

Fatimah, H., & Bramastia, B. (2022). Literature review project based learning berbasis TIK. *EDUKATIF: Jurnal Ilmu Pendidikan*, *4*(5), 7347–7356. https://doi.org/10.31004/edukatif.v4i5.3782

Hadi, Z., Lestari, W., & Rasyidi, A. (2025). Meningkatkan kreativitas siswa melalui metode pembelajaran berbasis teknologi di kelas. *Journal Central Publisher*, *1*(10), 1223–1228. https://doi.org/10.60145/jcp.v1i10.232

Heri, S. H., & Qomari, M. H. (2025). Integrasi creative thinking dalam kurikulum berbasis OBE untuk meningkatkan kompetensi mahasiswa. *ARMADA: Jurnal Penelitian Multidisiplin*, *3*(8), 247–281. https://doi.org/10.55681/armada.v3i8.1729

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16405

Hidayati, U. (2024). Efektivitas project based learning terhadap hasil belajar geometri mahasiswa pendidikan matematika. *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA*, *4*(3), 531–538. https://doi.org/10.53299/jagomipa.v4i3.752

Islamiati, N., & Irfan, M. (2022). Pengaruh model pembelajaran project based learning (PjBL) berbasis etnomatematika terhadap kemampuan berpikir kreatif siswa. *Proximal: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika*, *5*(2), 1–7. https://doi.org/10.30605/proximal.v5i2.1779

Lusiana, V. (2023). Penerapan project based learning berbantuan aplikasi GeoGebra untuk meningkatkan berpikir kreatif matematis mahasiswa. *TEACHING: Jurnal Inovasi Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, *3*(1), 1–13. https://doi.org/10.51878/teaching.v3i1.2185

Manjani, N., Syahrial, S., & Mailani, E. (2024). Perspektif calon guru mengenai tantangan pembelajaran matematika di era digital. *JGK (Jurnal Guru Kita)*, *8*(2), 237–246. https://doi.org/10.24114/jgk.v8i2.56722

Meltzer, D. E. (2002). The relationship between mathematics preparation and conceptual learning gain in physics: A possible hidden variable in diagnostic pretest scores. *American Journal of Physics*, *70*(12), 1259–1268. https://doi.org/10.1119/1.1514215

Ningsih, S. R., Disman, Ahman, E., Suwatno, & Riswanto, A. (2020). Effectiveness of using the project-based learning model in improving creative-thinking ability. *Universal Journal of Educational Research*, *8*(4), 1628–1635. https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080456

Nugroho, A. A., Nizaruddin, N., Dwijayanti, I., & Tristianti, A. (2020). Exploring students' creative thinking in the use of representations in solving mathematical problems based on cognitive style. *JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education)*, *5*(2), 202–217. https://doi.org/10.23917/jramathedu.v5i2.9983

Nursaya'bani, K. K., Falasifah, F., & Iskandar, S. (2025). Strategi pengembangan pembelajaran abad ke-21: Mengintegrasikan kreativitas, kolaborasi, dan teknologi. *JIIP: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, *8*(1), 109–116. https://doi.org/10.54371/jiip.v8i1.6470

OECD. (2021). *Education at a glance 2021: OECD indicators*. OECD Publishing.

Permana, N. D., Lestari, I., Harahap, F. D. S., Azhar, A., & Defianti, A. (2023). Project based learning (PjBL) model with STEAM approach: Its impact on students creative thinking skills on energy in living system topic. *Journal of Natural Science and Integration*, *6*(2), 186–198. https://doi.org/10.24014/jnsi.v6i2.25791

Purwati, H., Indiati, I., & Savira, A. M. (2024). The influence of STEM: Integrated PjBL learning models on students' mathematical creative thinking abilities examined from a metacognitive perspective. *KnE Social Sciences*, *2024*, 528–540. https://doi.org/10.18502/kss.v9i6.15302

Siswono, T. Y. E., Kohar, A. W., Rosyidi, A. H., & Hartono, S. (2023). Teachers' conceptions on the use of technology to develop students' creative thinking in mathematics: Evidence from moderated forum group discussions. *Proceedings of the 9th Annual International Seminar on Trends in Science and Science Education (AISTSSE 2022)*, *1*, 474–486. https://doi.org/10.2478/9788367405195-061

Sridana, N., Soeprianto, H., & Amrullah, A. (2025). Analysis of TPACK incorporated learning devices: An exploratory descriptive study of mathematics teachers. *European Journal of STEM Education*, *10*(1), 1–14. https://doi.org/10.20897/ejsteme/16757

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16405

Vistara, M. F., Rochmad, R., & Wijayanti, K. (2022). Systematic literature review: STEM approach through engineering design process with project based learning model to improve mathematical creative thinking skills. *Mathematics Education Journal*, *6*(2), 140–156. https://doi.org/10.22219/mej.v6i2.21150

Zakiah, N. E., Fatimah, A. T., & Sunaryo, Y. (2020). Implementasi project-based learning untuk mengeksplorasi kreativitas dan kemampuan berpikir kreatif matematis mahasiswa. *Teorema: Teori dan Riset Matematika*, *5*(2), 286–298. https://doi.org/10.25157/teorema.v5i2.4194

Zulyusri, Z., Elfira, I., Lufri, L., & Santosa, T. A. (2023). Literature study: Utilization of the PjBL model in science education to improve creativity and critical thinking skills. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, *9*(1), 133–143. https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i1.2555

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16405