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

IMPLEMENTASI *PROBLEM BASED LEARNING* TERINTEGRASI GEOGEBRA UNTUK MENINGKATKAN BERPIKIR KRITIS DAN *SELF-EFFICACY* SISWA PADA MATERI VEKTOR

Wachyu Wiji Utami[1], Christine Wulandari Suryaningrum[2], Tirtaprimasyah Hadiputra Subnafeu[3]
[1,2]Universitas Muhammadiyah Jember,[3]Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Jember
e-mail: utamiwachyu@gmail.com

Diterima: *20/10/2026*; Direvisi: *13/11/2026*; Diterbitkan: *22/11/2026*

ABSTRAK

Berpikir kritis dan efikasi diri merupakan kompetensi penting dalam pembelajaran matematika, khususnya pada materi vektor yang membutuhkan pemahaman konsep abstrak dan kemampuan representasi matematis. Namun, rendahnya capaian matematika siswa menunjukkan perlunya pembelajaran yang mampu mengembangkan aspek kognitif dan afektif secara bersamaan. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan peningkatan keterampilan berpikir kritis dan efikasi diri siswa melalui penerapan *Problem-Based Learning* (PBL) terintegrasi GeoGebra pada materi vektor. Penelitian menggunakan metode Penelitian Tindakan Kelas yang dilaksanakan dalam dua siklus dengan subjek 35 siswa kelas XI.1 SMA Negeri 2 Jember. Setiap siklus meliputi tahap perencanaan, tindakan, pengamatan, dan refleksi. Data dikumpulkan melalui tes tertulis, angket efikasi diri, dan observasi, kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan menggunakan uji-t sampel berpasangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketuntasan belajar meningkat dari 8,6% pada prasiklus menjadi 71,4% pada Siklus I dan 77,1% pada Siklus II. Efikasi diri juga meningkat dari 62% menjadi 81% dan 83,3%. Uji-t menunjukkan peningkatan keterampilan berpikir kritis yang signifikan pada kedua tahap perbandingan ($p < 0,05$). Dengan demikian, penerapan PBL terintegrasi GeoGebra berpotensi mendukung peningkatan keterampilan berpikir kritis dan efikasi diri siswa dalam pembelajaran vektor.

Kata Kunci: Problem Based Learning (PBL), GeoGebra, berpikir kritis, efikasi diri, vektor

ABSTRACT

Critical thinking and self-efficacy are essential competencies in mathematics learning, particularly in vector topics that require abstract conceptual understanding and mathematical representation skills. However, students' relatively low mathematics achievement indicates the need for learning approaches that simultaneously develop cognitive and affective competencies. This study aims to describe improvements in students' critical thinking skills and self-efficacy through the implementation of GeoGebra-integrated *Problem-Based Learning* (PBL) in vector learning. This study employed a Classroom Action Research design conducted in two cycles involving 35 eleventh-grade students from SMA Negeri 2 Jember. Each cycle consisted of planning, action, observation, and reflection. Data were collected through written tests, self-efficacy questionnaires, and classroom observations, then analyzed using descriptive quantitative analysis and paired-samples t-tests. The results showed that learning mastery increased from 8.6% in the pre-cycle to 71.4% in Cycle I and 77.1% in Cycle II. Students' self-efficacy also increased from 62% to 81% and 83.3%, respectively. Paired-samples t-test results indicated statistically significant improvements in critical thinking skills across both comparisons ($p < 0.05$). These findings suggest that GeoGebra-integrated PBL has the potential to support improvements in students' critical thinking skills and self-efficacy in learning vectors.

Keywords: Problem Based Learning (PBL), GeoGebra, critical thinking, self-efficacy, vectors

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

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

PENDAHULUAN

Pembelajaran matematika memiliki peran penting dalam mengembangkan kemampuan berpikir logis, analitis, sistematis, dan kritis yang diperlukan siswa untuk menghadapi berbagai permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Matematika tidak hanya berkaitan dengan penguasaan rumus dan prosedur perhitungan, tetapi juga melatih siswa memahami informasi, mengidentifikasi hubungan antarkonsep, mengevaluasi strategi, serta menarik kesimpulan berdasarkan alasan yang tepat. Pentingnya kemampuan tersebut semakin terlihat dalam tuntutan kompetensi abad ke-21 yang menempatkan pemecahan masalah dan berpikir kritis sebagai keterampilan utama (Trilling & Fadel, 2009). Namun, capaian matematika siswa Indonesia masih menunjukkan tantangan yang perlu diperhatikan. Hasil Programme for International Student Assessment (PISA) 2022 menunjukkan bahwa Indonesia memperoleh skor matematika sebesar 366, lebih rendah dibandingkan rata-rata Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) sebesar 472 (OECD, 2023). Kondisi ini menunjukkan perlunya pembelajaran matematika yang tidak hanya berorientasi pada pencapaian hasil belajar, tetapi juga memberikan ruang bagi siswa untuk mengembangkan kemampuan bernalar dan menyelesaikan masalah secara mandiri.

Salah satu materi matematika yang membutuhkan kemampuan penalaran dan berpikir kritis adalah vektor. Materi vektor memuat konsep besar dan arah yang direpresentasikan melalui bentuk geometris maupun simbolis, sehingga siswa perlu memahami hubungan antara representasi grafis, numerik, dan aljabar dalam menyelesaikan permasalahan. Kesulitan memahami hubungan antarrepresentasi tersebut dapat menghambat siswa dalam menentukan strategi penyelesaian, khususnya pada operasi perkalian skalar dan proyeksi ortogonal vektor. Rafli et al. (2025) menjelaskan bahwa penyajian materi vektor tiga dimensi membutuhkan dukungan representasi dan visualisasi agar konsep dapat dipahami secara lebih terstruktur. Sejalan dengan itu, Suryaningrum et al. (2023) menekankan pentingnya kemampuan representasi matematis dalam membantu siswa menghubungkan berbagai bentuk penyajian suatu konsep. Dengan karakteristik tersebut, pembelajaran vektor sebenarnya dapat menjadi sarana untuk melatih siswa mengidentifikasi informasi, menganalisis hubungan antarbesaran, mengevaluasi prosedur perhitungan, dan menyusun kesimpulan berdasarkan konsep matematis yang tepat.

Kemampuan berpikir kritis merupakan kemampuan menginterpretasikan informasi, menganalisis hubungan, mengevaluasi bukti, menarik inferensi, menjelaskan alasan, dan mengatur proses berpikir dalam mengambil keputusan. Facione dan Gittens (2015) menguraikan kemampuan berpikir kritis melalui enam indikator, yaitu interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan regulasi diri. Kemampuan tersebut diperlukan ketika siswa menyelesaikan persoalan vektor, misalnya mengidentifikasi informasi yang diketahui, menentukan hubungan antara dua vektor, memilih operasi yang sesuai, serta memberikan alasan terhadap hasil perhitungan. Akan tetapi, hasil asesmen awal pada siswa kelas XI.1 SMA Negeri 2 Jember menunjukkan bahwa kemampuan tersebut masih perlu ditingkatkan. Dari 35 siswa, hanya 3 siswa (8,6%) yang mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 75, sedangkan 32 siswa (91,4%) belum mencapai ketuntasan, dengan nilai rata-rata kelas sebesar 65. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa sebagian besar siswa masih mengalami kesulitan dalam menyelesaikan permasalahan matematika yang menuntut pemahaman konsep dan penalaran secara sistematis. Kondisi ini menunjukkan perlunya pembelajaran yang memberikan kesempatan lebih luas kepada siswa untuk menganalisis permasalahan, menyampaikan alasan, dan mengevaluasi strategi penyelesaian.

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

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

Selain kemampuan berpikir kritis, keberhasilan pembelajaran matematika juga berkaitan dengan aspek afektif, salah satunya *self-efficacy* atau efikasi diri. Bandura (1997) mendefinisikan efikasi diri sebagai keyakinan individu terhadap kemampuannya dalam mengorganisasi dan melaksanakan tindakan yang diperlukan untuk mencapai hasil tertentu. Dalam pembelajaran matematika, efikasi diri tercermin melalui keyakinan siswa ketika menghadapi soal dengan tingkat kesulitan berbeda, keteguhan dalam menyelesaikan tugas, serta kemampuan mempertahankan keyakinan ketika menghadapi permasalahan dalam konteks yang beragam. Permasalahan efikasi diri juga ditemukan pada siswa kelas XI.1 SMA Negeri 2 Jember. Hasil angket awal menunjukkan bahwa rata-rata respons positif siswa hanya mencapai 62%, yang termasuk kategori cukup baik dan belum menunjukkan keyakinan belajar yang optimal. Secara lebih terperinci, aspek keyakinan pada tugas memperoleh 59%, generalisasi konsep 61%, dan keyakinan dalam belajar 66%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keyakinan siswa dalam menghadapi tugas matematika, menerapkan konsep pada persoalan berbeda, dan mempertahankan usaha ketika mengalami kesulitan masih perlu diperkuat. Indikator efikasi diri yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Indikator Efikasi Diri

No.	Indikator	Deskripsi
1.	*Magnitude* (tingkat kesulitan)	Keyakinan siswa dalam menyelesaikan tugas dengan berbagai tingkat kesulitan.
2.	*Strength* (kekuatan)	Kekuatan keyakinan siswa dalam menyelesaikan tugas.
3.	*Generality* (generalisasi)	Kemampuan siswa mentransfer keyakinannya pada berbagai tugas atau konteks.

Permasalahan kemampuan berpikir kritis dan efikasi diri tersebut tidak terlepas dari keterbatasan model dan media pembelajaran yang digunakan. Pembelajaran yang terlalu berpusat pada guru cenderung memberikan ruang terbatas bagi siswa untuk mengeksplorasi konsep, mengembangkan strategi penyelesaian, dan membangun pemahaman melalui pengalaman belajar secara mandiri. Sitorus dan Nazaruddin (2021) menunjukkan adanya perbedaan kemampuan berpikir kreatif dan kritis antara siswa yang memperoleh pembelajaran konvensional dan kontekstual, sehingga pendekatan pembelajaran menjadi salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam pengembangan kemampuan berpikir siswa. Di sisi lain, materi vektor membutuhkan media yang mampu menghubungkan representasi simbolis dengan visualisasi geometris. Apabila pembelajaran hanya mengandalkan penjelasan verbal dan perhitungan di papan tulis, siswa berpotensi mengalami kesulitan dalam membayangkan arah, besar, serta hubungan ant vektor. Oleh karena itu, diperlukan model pembelajaran yang mendorong keterlibatan aktif siswa sekaligus didukung media visual interaktif untuk membantu memahami konsep yang abstrak.

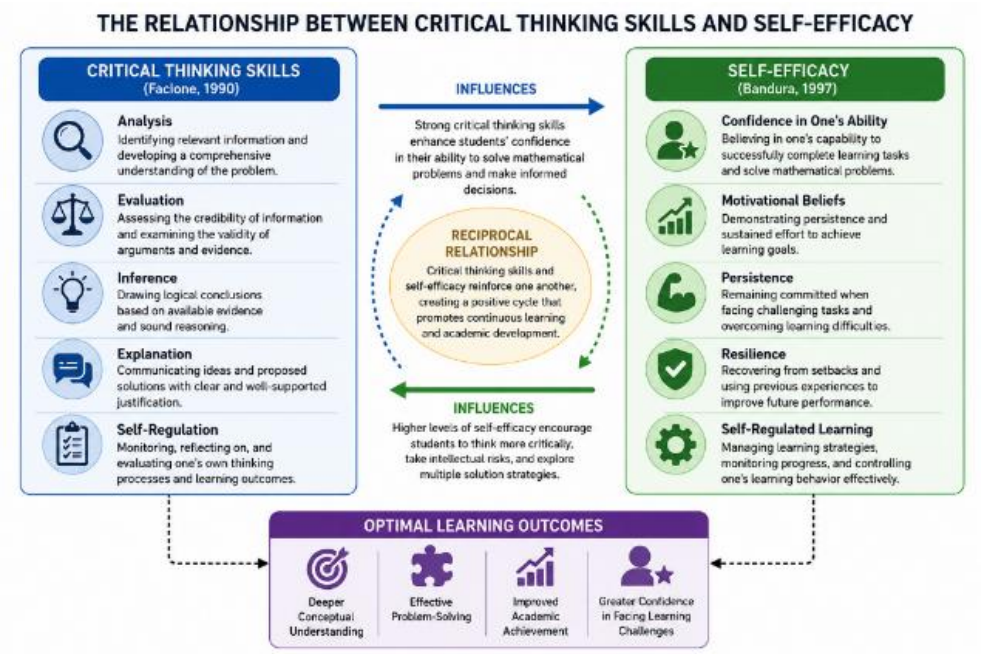
Salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah penerapan model *Problem-Based Learning* (PBL) yang diintegrasikan dengan GeoGebra. PBL merupakan model pembelajaran yang menjadikan permasalahan kontekstual sebagai titik awal kegiatan belajar, sehingga siswa didorong untuk mengidentifikasi masalah, mengorganisasi informasi, melakukan penyelidikan, mengembangkan solusi, dan mengevaluasi hasil pemecahan masalah. Sintaks PBL meliputi orientasi siswa pada masalah, pengorganisasian siswa untuk belajar, pembimbingan penyelidikan, pengembangan dan penyajian hasil, serta analisis dan evaluasi proses pemecahan masalah (Arends, 2012). Agar proses tersebut lebih optimal pada materi vektor, GeoGebra digunakan sebagai media visualisasi dinamis yang memungkinkan siswa menggambar vektor, mengubah komponen dan sudut ant vektor, serta mengamati perubahan

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

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

hasil perkalian skalar dan proyeksi ortogonal. Pant et al. (2024) menguraikan pengalaman guru dalam mengintegrasikan GeoGebra untuk mendukung pemahaman konseptual matematika. Sementara itu, Martin dan Nazarlin (2025) mengkaji kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan penjumlahan vektor secara analitis dan grafis berbantuan GeoGebra. Integrasi PBL dan GeoGebra dengan demikian diharapkan dapat memberikan pengalaman belajar yang menggabungkan penyelidikan masalah, diskusi kolaboratif, dan eksplorasi visual sehingga siswa memiliki kesempatan untuk mengembangkan penalaran sekaligus membangun keyakinan terhadap kemampuan belajarnya.

Sejumlah penelitian terdahulu telah menunjukkan relevansi PBL dan GeoGebra dalam pembelajaran matematika. Cahyani dan Ahmad (2024) mengkaji efektivitas PBL terhadap keterampilan berpikir kritis, hasil belajar, dan motivasi siswa, yang menunjukkan pentingnya penerapan pembelajaran berbasis masalah untuk mendukung capaian belajar. Yu dan Zin (2023) melalui kajian sistematis membahas adaptasi model PBL yang berorientasi pada pengembangan berpikir kritis. Dari sisi penggunaan teknologi, Pant et al. (2024) membahas integrasi GeoGebra berdasarkan pengalaman guru untuk meningkatkan pemahaman konseptual matematika. Martin dan Nazarlin (2025) juga mengkaji penggunaan GeoGebra dalam penyelesaian masalah vektor, khususnya pada representasi analitis dan grafis. Selain itu, hubungan antara efikasi diri dan kemampuan berpikir kritis turut mendapat perhatian dalam penelitian Manar et al. (2026), sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa efikasi diri memiliki keterkaitan dengan kemampuan siswa dalam menganalisis, mengevaluasi, dan menyusun penalaran.



Gambar 1. Hubungan antara Berpikir Kritis dan Efikasi Diri

Penelitian-penelitian tersebut memberikan landasan bahwa PBL dapat mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis, sedangkan GeoGebra dapat membantu visualisasi dan pemahaman konsep matematika. Namun, masih terdapat ruang penelitian untuk mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut dalam satu rancangan pembelajaran yang secara bersamaan memperhatikan capaian kognitif dan afektif siswa, khususnya pada materi vektor di

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

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

tingkat SMA. Penelitian sebelumnya lebih banyak membahas PBL dan GeoGebra dari aspek yang terpisah, sedangkan kajian mengenai penerapan keduanya dalam modul ajar yang secara simultan mengamati keterampilan berpikir kritis dan efikasi diri masih perlu diperluas. Selain itu, belum cukup hanya mengetahui peningkatan hasil tes, tetapi juga penting mengamati perubahan keyakinan siswa dalam menghadapi tugas dan mengomunikasikan hasil pemikirannya selama proses pembelajaran. Penelitian ini berupaya mengisi ruang tersebut melalui penerapan PBL terintegrasi GeoGebra dalam pembelajaran vektor dengan menggunakan pendekatan Penelitian Tindakan Kelas yang memungkinkan perbaikan pembelajaran dilakukan secara bertahap melalui refleksi setiap siklus.

Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan mendeskripsikan peningkatan keterampilan berpikir kritis dan efikasi diri siswa kelas XI.1 SMA Negeri 2 Jember melalui penerapan modul ajar berbasis *Problem-Based Learning* terintegrasi GeoGebra pada materi vektor. Keterampilan berpikir kritis dikaji berdasarkan indikator interpretasi, analisis, evaluasi, inferensi, eksplanasi, dan aplikasi, sedangkan efikasi diri ditinjau melalui dimensi *magnitude*, *strength*, dan *generality*. Penelitian dilaksanakan dalam dua siklus untuk mengidentifikasi perkembangan capaian siswa sekaligus mengevaluasi proses pembelajaran berdasarkan hasil pengamatan dan refleksi. Hasil penelitian diharapkan memberikan alternatif penerapan pembelajaran matematika yang mengintegrasikan pemecahan masalah dan teknologi visual interaktif, terutama untuk membantu siswa memahami konsep vektor serta mengembangkan keyakinan dalam menyelesaikan permasalahan matematis.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis Penelitian Tindakan Kelas (PTK) yang mengacu pada model spiral Kemmis dan McTaggart (1988). Model ini dipilih karena memungkinkan peneliti melakukan perbaikan pembelajaran secara bertahap berdasarkan hasil pengamatan dan refleksi terhadap tindakan yang telah dilaksanakan. Penelitian dilaksanakan dalam dua siklus, dengan setiap siklus terdiri atas empat tahapan, yaitu perencanaan (*planning*), tindakan (*acting*), pengamatan (*observing*), dan refleksi (*reflecting*). Setiap siklus dilaksanakan dalam dua pertemuan, sehingga keseluruhan penelitian berlangsung selama empat pertemuan atau delapan jam pelajaran, dengan durasi satu jam pelajaran selama 45 menit. Pertemuan pertama difokuskan pada penerapan PBL terintegrasi GeoGebra, sedangkan pertemuan kedua digunakan untuk pendalaman materi, diskusi hasil penyelesaian masalah, dan pelaksanaan tes hasil belajar serta pengisian angket efikasi diri.

Penelitian dilaksanakan di SMA Negeri 2 Jember, Jawa Timur, pada semester genap tahun pelajaran 2025/2026. Subjek penelitian adalah 35 siswa kelas XI.1 yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Pemilihan kelas didasarkan pada hasil asesmen awal yang menunjukkan bahwa 32 dari 35 siswa (91,4%) belum mencapai Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) sebesar 75, dengan nilai rata-rata kelas 65. Selain itu, hasil pengukuran awal efikasi diri menunjukkan persentase sebesar 62%, sehingga diperlukan tindakan pembelajaran yang dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis dan keyakinan siswa dalam menyelesaikan permasalahan matematika. Materi pembelajaran difokuskan pada vektor, khususnya perkalian skalar dan proyeksi ortogonal.

Pelaksanaan tindakan menggunakan lima sintaks PBL sebagaimana dikemukakan Arends (2012), yaitu (1) mengorientasikan siswa pada masalah, (2) mengorganisasikan siswa untuk belajar, (3) membimbing penyelidikan individual maupun kelompok, (4) mengembangkan dan menyajikan hasil karya, serta (5) menganalisis dan mengevaluasi proses

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

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

pemecahan masalah. Pada tahap orientasi, guru menyajikan permasalahan kontekstual yang berkaitan dengan konsep vektor. Selanjutnya, siswa diorganisasikan ke dalam kelompok heterogen untuk mengidentifikasi informasi yang diketahui, merumuskan permasalahan, dan menentukan strategi penyelesaian melalui lembar kerja peserta didik (LKPD). Pada tahap penyelidikan, guru membimbing siswa mengeksplorasi konsep vektor menggunakan GeoGebra dan mendiskusikan hasil pengamatan. Setiap kelompok kemudian menyusun dan mempresentasikan hasil penyelesaian masalah, dilanjutkan dengan kegiatan analisis, evaluasi, dan penguatan konsep oleh guru. Pada Siklus II, pengorganisasian pembelajaran disesuaikan menjadi diskusi berpasangan untuk meningkatkan keterlibatan siswa dan mengoptimalkan waktu pembelajaran.

GeoGebra diintegrasikan sebagai media visualisasi dinamis untuk membantu siswa memahami hubungan geometris dan aljabar pada materi vektor. Desain pembelajaran menggunakan fitur grafik dan representasi vektor dengan aktivitas menggambar dua vektor, mengubah komponen koordinat dan sudut antarkedua vektor, serta mengamati perubahan hasil perkalian skalar. Siswa juga mengeksplorasi proyeksi ortogonal dengan mengamati hubungan antara vektor yang diproyeksikan dan vektor proyeksinya. Melalui aktivitas tersebut, siswa diarahkan untuk membandingkan hasil visualisasi dengan perhitungan analitis, menemukan hubungan antara besar dan arah vektor, serta menyusun kesimpulan berdasarkan hasil eksplorasi. Seluruh aktivitas dituangkan dalam LKPD yang memuat permasalahan, petunjuk penggunaan GeoGebra, pertanyaan penyelidikan, ruang analisis, dan tugas penyajian hasil. Dengan demikian, GeoGebra tidak hanya digunakan sebagai alat bantu visual, tetapi menjadi bagian dari proses penyelidikan dan pemecahan masalah dalam pembelajaran.

Pengumpulan data dilakukan melalui tiga teknik, yaitu tes tertulis, angket, dan observasi. Tes tertulis digunakan untuk mengukur keterampilan berpikir kritis siswa melalui delapan soal uraian yang mencakup enam indikator, yaitu interpretasi, analisis, inferensi, evaluasi, eksplanasi, dan aplikasi. Setiap butir soal diberi skor 0–4 berdasarkan rubrik penilaian, sehingga skor maksimum keseluruhan adalah 32. Angket digunakan untuk mengukur efikasi diri siswa melalui 12 pernyataan dengan skala Likert empat pilihan, yaitu sangat tidak setuju (1), tidak setuju (2), setuju (3), dan sangat setuju (4). Angket disusun berdasarkan tiga dimensi efikasi diri, yaitu *magnitude*, *strength*, dan *generality*. Skor minimum angket adalah 12 dan skor maksimum 48. Sementara itu, observasi dilakukan oleh seorang pengamat menggunakan dua lembar pengamatan, yaitu lembar aktivitas guru dan lembar aktivitas siswa. Setiap lembar terdiri atas sepuluh indikator yang dinilai menggunakan skala empat, mulai dari 1 (tidak terlaksana) sampai 4 (terlaksana sangat baik). Observasi aktivitas guru mencakup keterlaksanaan sintaks PBL, penggunaan GeoGebra, dan pengelolaan pembelajaran, sedangkan observasi aktivitas siswa mencakup keterlibatan, kolaborasi, eksplorasi GeoGebra, dan penyajian hasil. Validitas isi instrumen ditelaah oleh dua guru matematika, kemudian dilakukan uji coba terhadap sepuluh siswa di luar subjek penelitian untuk memeriksa keterbacaan dan validitas empiris butir instrumen.

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dan inferensial. Skor tes berpikir kritis setiap siswa dikonversi ke dalam skala 0–100 menggunakan perbandingan skor perolehan dengan skor maksimum. Selanjutnya, ketuntasan belajar individu ditentukan berdasarkan KKM sebesar 75, sedangkan ketuntasan klasikal dihitung berdasarkan persentase jumlah siswa yang mencapai KKM terhadap seluruh subjek penelitian. Hasil interpretasi ketuntasan belajar disajikan pada Tabel 2.

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

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 2. Kategori Interpretasi Ketuntasan Belajar Siswa

Rentang Skor	Kategori	Keterangan
0–74	Belum tuntas	Siswa belum mencapai KKM
75–100	Tuntas	Siswa telah mencapai KKM

Persentase ketuntasan klasikal dihitung dengan membandingkan jumlah siswa yang memperoleh nilai minimal 75 dengan jumlah seluruh siswa, kemudian dikalikan 100%. Penelitian dinyatakan berhasil apabila sekurang-kurangnya 75% siswa mencapai ketuntasan individu.

Data efikasi diri dianalisis dengan mengonversi skor angket menjadi persentase terhadap skor maksimum. Hasilnya diinterpretasikan menggunakan kategori yang disesuaikan dengan rentang persentase efikasi diri. Kategori interpretasi tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kategori Interpretasi Efikasi Diri Siswa

Rentang Persentase	Kategori
25,00%–43,75%	Sangat kurang baik
43,76%–62,50%	Cukup baik
62,51%–81,25%	Baik
81,26%–100,00%	Sangat baik

Data observasi aktivitas guru dan siswa dianalisis dengan menghitung persentase skor perolehan terhadap skor maksimum. Hasil observasi digunakan untuk menggambarkan keterlaksanaan pembelajaran dan keterlibatan siswa selama tindakan berlangsung serta menjadi bahan refleksi untuk perbaikan pada siklus berikutnya.

Analisis inferensial dilakukan menggunakan uji-t sampel berpasangan (*paired-samples t-test*) dengan bantuan SPSS untuk mengetahui perbedaan skor berpikir kritis antara prasiklus dan Siklus I serta antara Siklus I dan Siklus II. Sebelum pengujian, normalitas data selisih skor diperiksa menggunakan uji Shapiro–Wilk. Apabila nilai signifikansi lebih besar dari 0,05, data selisih dinyatakan memenuhi asumsi normalitas sehingga uji-t sampel berpasangan dapat digunakan. Peningkatan dinyatakan signifikan apabila nilai signifikansi uji-t lebih kecil dari 0,05. Hasil analisis statistik selanjutnya diinterpretasikan bersama data deskriptif ketuntasan belajar, efikasi diri, dan observasi untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai perkembangan pembelajaran selama dua siklus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tes kemampuan awal menunjukkan bahwa 32 dari 35 siswa (91,4%) kelas XI.1 belum mencapai KKM (75) dengan rerata kelas 65. Angket efikasi diri memberikan rerata respons positif 62%, yang berada pada kategori cukup baik (43,76%–62,50%). Hasil awal ini menunjukkan perlunya pembelajaran yang mendukung capaian kognitif sekaligus efikasi diri siswa. Hasil efikasi diri pada tahap prasiklus dirangkum pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Efikasi Diri Siswa pada Prasiklus

No.	Aspek yang Dinilai	Persentase
1.	Keyakinan pada Tugas	59%
2.	Generalisasi Konsep	61%
3.	Keyakinan dalam Belajar	66%
	Rerata keseluruhan aspek	**62%**

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

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

Siklus I

Berdasarkan temuan prasiklus, peneliti dan guru matematika menyusun modul ajar berbasis PBL terintegrasi GeoGebra yang diterapkan pada kedua siklus. Pada pertemuan pertama, GeoGebra digunakan untuk membantu siswa memvisualisasikan representasi vektor dan membangun konsep perkalian skalar. Pembelajaran dipandu LKPD yang dikerjakan dalam kelompok heterogen, sehingga siswa berkemampuan lebih tinggi dapat membantu (*scaffolding*) siswa berkemampuan sedang dan rendah. Proses berjalan baik, tetapi siswa masih ragu-ragu dan kurang terlibat secara kritis dalam mengajukan pertanyaan, sehingga guru memberikan pertanyaan penggali untuk mendorong partisipasi. Pertemuan kedua diawali dengan tinjauan materi sebelumnya, dilanjutkan presentasi hasil LKPD oleh kelompok. Sebagian siswa kurang percaya diri dan memerlukan bimbingan guru mengenai aspek yang perlu dijelaskan; guru menanggapinya dengan umpan balik serta penguatan usaha, partisipasi, dan kemandirian. Siswa kemudian mengerjakan pascates Siklus I dan mengisi angket efikasi diri.

Pada pascates Siklus I, 25 dari 35 siswa (71,4%) mencapai KKM dan 10 siswa (28,6%) belum. Ketuntasan klasikal dengan demikian belum memenuhi indikator keberhasilan minimal 75%. Rerata respons positif efikasi diri adalah 81%, termasuk kategori baik (62,51%–81,25%). Rangkuman hasil Siklus I disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Rekapitulasi Efikasi Diri Siswa pada Siklus I

No.	Aspek yang Dinilai	Persentase
1.	Keyakinan pada Tugas	81%
2.	Generalisasi Konsep	79%
3.	Keyakinan dalam Belajar	83%
	Rerata keseluruhan aspek	**81%**

Ketuntasan klasikal sebesar 71,4% masih di bawah indikator 75%, meskipun efikasi diri telah mencapai kategori baik. Siswa masih ragu bertanya dan mempresentasikan hasil kerjanya, sehingga perangkat pembelajaran diperbaiki untuk Siklus II.

Siklus II

Perangkat pembelajaran pada Siklus II direvisi dengan menambahkan stimulus dan panduan untuk menjawab pertanyaan dan mempresentasikan hasil. Siklus II mengikuti pola dua pertemuan yang sama. Perbedaannya, siswa berdiskusi berpasangan dengan teman sebangku untuk mengatasi keterbatasan waktu pembelajaran, dan LKPD tetap memandu diskusi. Guru mengadakan sesi tanya jawab untuk memperkuat materi. Siswa tampak lebih aktif bertanya dan menjawab. Pada pertemuan kedua, mereka mempresentasikan hasil LKPD dengan lebih percaya diri tanpa bantuan guru, serta mempertahankan jawabannya ketika guru mengajukan pertanyaan lanjutan. Siswa kemudian mengerjakan pascates Siklus II dan mengisi angket.

Pada pascates Siklus II, 27 dari 35 siswa (77,1%) mencapai KKM dan 8 siswa (22,9%) belum, sehingga indikator ketuntasan klasikal terpenuhi. Rerata respons positif efikasi diri adalah 83,3%, termasuk kategori sangat positif (81,26%–100%). Rangkuman hasil Siklus II disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Efikasi Diri Siswa pada Siklus II

No.	Aspek yang Dinilai	Persentase
1.	Keyakinan pada Tugas	82%
2.	Generalisasi Konsep	83%
3.	Keyakinan dalam Belajar	85%
	Rerata keseluruhan aspek	**83,3%**

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

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 5 merangkum ketuntasan belajar dan efikasi diri pada setiap tahap. Ketuntasan naik dari 8,6% (3 dari 35 siswa) pada prasiklus menjadi 71,4% (25 dari 35) pada Siklus I dan 77,1% (27 dari 35) pada Siklus II, sedangkan efikasi diri naik dari 62% menjadi 81% dan 83,3%. Hanya Siklus II yang memenuhi indikator ketuntasan klasikal.

Tabel 5. Rekapitulasi Ketuntasan Belajar dan Efikasi Diri pada Setiap Tahap Penelitian

Tahap	Ketuntasan belajar	Efikasi diri (%)
Prasiklus	8,6% (3 dari 35)	62
Siklus I	71,4% (25 dari 35)	81
Siklus II	77,1% (27 dari 35)	83,3

Uji-t Sampel Berpasangan

Uji-t sampel berpasangan dilakukan dengan SPSS untuk membandingkan skor berpikir kritis antara Prasiklus dan Siklus I, serta antara Siklus I dan Siklus II (Gambar 2).

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference Lower	Upper			
Pair 1	PraSiklus - Siklus1	-13.9286	14.8899	2.5168	-19.0434	-8.8137	-5.534	34	.000
Pair 2	Siklus1 - Siklus2	-4.9714	9.3486	1.5802	-8.1828	-1.7601	-3.146	34	.003

Gambar 2. Hasil Uji-t Sampel Berpasangan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa pada Setiap Siklus

Kedua perbandingan signifikan secara statistik. Antara Prasiklus dan Siklus I, selisih rerata adalah −13,93 (SD = 14,89), $t(34) = -5,534$, $p < 0,001$. Antara Siklus I dan Siklus II, selisih rerata adalah −4,97 (SD = 9,35), $t(34) = -3,146$, $p = 0,003$. Selisih negatif menunjukkan bahwa rerata skor lebih tinggi pada setiap tahap berikutnya. Peningkatan dari Siklus I ke Siklus II sekitar sepertiga dari peningkatan dari Prasiklus ke Siklus I.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *Problem-Based Learning* (PBL) terintegrasi GeoGebra di kelas XI.1 SMA Negeri 2 Jember diikuti peningkatan keterampilan berpikir kritis dan efikasi diri siswa pada materi vektor. Ketuntasan belajar meningkat dari 8,6% pada prasiklus menjadi 71,4% pada Siklus I dan 77,1% pada Siklus II. Sementara itu, efikasi diri meningkat dari 62% menjadi 81% dan 83,3%. Uji-t sampel berpasangan juga menunjukkan perbedaan skor berpikir kritis yang signifikan antara prasiklus dan Siklus I maupun antara Siklus I dan Siklus II. Temuan tersebut menunjukkan adanya perkembangan capaian kognitif dan afektif selama pelaksanaan tindakan. Untuk memahami perkembangan tersebut, pembahasan tidak hanya berfokus pada perubahan skor, tetapi juga memperhatikan proses pembelajaran, aktivitas siswa, dan perbaikan tindakan yang dilakukan pada setiap siklus.

Pelaksanaan pembelajaran pada penelitian ini mengikuti lima sintaks PBL sebagaimana dikemukakan Arends (2012). Pada tahap pertama, yaitu mengorientasikan siswa pada masalah, guru menyajikan permasalahan yang berkaitan dengan konsep vektor, khususnya perkalian skalar dan proyeksi ortogonal. Permasalahan tersebut digunakan sebagai titik awal untuk mendorong siswa memahami informasi yang tersedia dan menentukan hal yang perlu diselesaikan. Pada tahap kedua, yaitu mengorganisasikan siswa untuk belajar, siswa dibagi ke dalam kelompok heterogen pada Siklus I. Setiap kelompok memperoleh LKPD sebagai panduan untuk mengidentifikasi permasalahan, mendiskusikan konsep yang relevan, dan merancang strategi penyelesaian. Pengelompokan tersebut memberikan kesempatan kepada

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

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

siswa untuk saling bertukar pemahaman dan membantu anggota kelompok yang mengalami kesulitan.

Tahap ketiga adalah membimbing penyelidikan individual maupun kelompok. Pada tahap ini, guru memberikan arahan ketika siswa mengeksplorasi konsep vektor menggunakan GeoGebra, melakukan perhitungan, dan membandingkan hasil pengamatan dengan penyelesaian secara matematis. Proses penyelidikan belum sepenuhnya berjalan optimal pada Siklus I karena sebagian siswa masih ragu mengajukan pertanyaan dan belum aktif menyampaikan alasan atas jawaban yang diperoleh. Oleh karena itu, guru memberikan pertanyaan penggali untuk membantu siswa mengembangkan penalarannya. Tahap keempat, yaitu mengembangkan dan menyajikan hasil, dilaksanakan melalui presentasi hasil pengerjaan LKPD. Pada Siklus I, beberapa siswa masih memerlukan bimbingan dalam menjelaskan hasil diskusi dan mempertahankan jawabannya. Guru kemudian memberikan umpan balik dan penguatan agar siswa lebih percaya diri dalam menyampaikan hasil pemikirannya.

Tahap kelima adalah menganalisis dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. Guru bersama siswa membahas hasil pekerjaan, mengidentifikasi kesalahan dalam proses penyelesaian, dan memberikan penguatan terhadap konsep yang belum dipahami. Hasil pengamatan dan refleksi Siklus I menunjukkan bahwa keterlibatan siswa dalam bertanya dan mempresentasikan hasil masih perlu ditingkatkan. Oleh karena itu, pada Siklus II dilakukan perbaikan berupa penambahan stimulus pertanyaan dan panduan presentasi pada LKPD. Pengorganisasian siswa juga diubah menjadi diskusi berpasangan dengan teman sebangku agar proses pembelajaran lebih efisien. Perubahan tersebut diikuti peningkatan partisipasi siswa, yang terlihat dari keberanian mengajukan pertanyaan, memberikan jawaban, serta mempresentasikan hasil penyelesaian secara lebih mandiri. Dengan demikian, pelaksanaan kelima sintaks PBL tidak hanya memberikan struktur kegiatan pembelajaran, tetapi juga menyediakan kesempatan bagi siswa untuk berlatih mengidentifikasi, menganalisis, menyelesaikan, dan mengevaluasi permasalahan matematika.

Integrasi GeoGebra dalam pembelajaran memberikan dukungan visual terhadap proses penyelidikan yang dilakukan siswa. Pada materi perkalian skalar, siswa menggunakan aplikasi untuk menggambar dua vektor, mengubah komponen koordinat, dan mengamati perubahan sudut serta hasil perkalian skalar. Aktivitas tersebut membantu siswa menghubungkan perhitungan aljabar dengan representasi geometris. Ketika mempelajari proyeksi ortogonal, siswa mengamati hubungan antara vektor yang diproyeksikan dan hasil proyeksinya, sehingga konsep yang sebelumnya dipelajari melalui rumus dapat dipahami melalui representasi visual. Penggunaan GeoGebra juga memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengubah parameter dan mengamati konsekuensi perubahan tersebut tanpa harus menggambar ulang secara manual. Temuan ini sejalan dengan Pant et al. (2024) yang membahas pemanfaatan GeoGebra untuk mendukung pemahaman konseptual matematika. Martin dan Nazarlin (2025) juga mengkaji penggunaan GeoGebra dalam penyelesaian masalah vektor melalui representasi analitis dan grafis.

Dalam konteks penelitian ini, GeoGebra berfungsi sebagai media pendukung PBL, bukan sebagai pengganti proses penalaran matematis. Siswa tetap diarahkan untuk menjelaskan alasan, membandingkan hasil visualisasi dengan perhitungan, dan menyimpulkan hubungan antarkonsep berdasarkan hasil eksplorasi. Integrasi tersebut memungkinkan siswa memperoleh pengalaman belajar melalui dua bentuk representasi, yaitu visual dan simbolis. Secara konseptual, penyajian informasi melalui visualisasi yang relevan dapat membantu mengurangi kesulitan dalam memahami materi abstrak, sebagaimana dijelaskan melalui perspektif

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

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

Cognitive Load Theory (Togatorop et al., 2025). Meskipun demikian, penelitian ini tidak mengukur beban kognitif siswa secara khusus. Oleh sebab itu, kontribusi GeoGebra dalam mengurangi beban kognitif hanya dapat dipahami sebagai penjelasan teoretis, bukan sebagai hasil empiris yang telah dibuktikan dalam penelitian ini.

Peningkatan keterampilan berpikir kritis terlihat dari perkembangan ketuntasan belajar siswa pada setiap tahap penelitian. Pada prasiklus, hanya 3 dari 35 siswa (8,6%) yang mencapai KKM, sedangkan 32 siswa lainnya belum tuntas. Setelah penerapan PBL terintegrasi GeoGebra pada Siklus I, jumlah siswa yang mencapai KKM meningkat menjadi 25 siswa (71,4%). Meskipun menunjukkan perkembangan, hasil tersebut belum memenuhi indikator keberhasilan klasikal sebesar 75%. Setelah dilakukan perbaikan pembelajaran pada Siklus II, jumlah siswa yang mencapai KKM bertambah menjadi 27 siswa (77,1%), sehingga indikator keberhasilan penelitian terpenuhi. Perkembangan tersebut disajikan pada Tabel 5.

Hasil uji-t sampel berpasangan memperkuat temuan deskriptif tersebut. Perbandingan skor berpikir kritis antara prasiklus dan Siklus I menghasilkan selisih rerata sebesar −13,93 dengan SD = 14,89, $t(34) = -5{,}534$, dan $p < 0{,}001$. Sementara itu, perbandingan antara Siklus I dan Siklus II menghasilkan selisih rerata sebesar −4,97 dengan SD = 9,35, $t(34) = -3{,}146$, dan $p = 0{,}003$. Tanda negatif menunjukkan bahwa skor pada tahap berikutnya lebih tinggi daripada tahap sebelumnya sesuai urutan pengurangan yang digunakan. Kedua hasil tersebut menunjukkan adanya peningkatan skor yang signifikan secara statistik. Namun, besarnya peningkatan pada Siklus I ke Siklus II lebih kecil dibandingkan peningkatan dari prasiklus ke Siklus I. Hal ini menunjukkan bahwa perkembangan kemampuan siswa berlangsung secara bertahap setelah memperoleh pengalaman pembelajaran dan perbaikan tindakan. Temuan ini sejalan dengan Cahyani dan Ahmad (2024) yang mengkaji kontribusi PBL terhadap keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa. Yu dan Zin (2023) juga menjelaskan bahwa pengembangan PBL yang berorientasi pada berpikir kritis memberikan ruang bagi siswa untuk terlibat dalam proses pemecahan masalah dan penalaran.

Peningkatan keterampilan berpikir kritis dalam penelitian ini dapat dipahami melalui aktivitas yang dilakukan selama pembelajaran. Ketika mengidentifikasi informasi dalam permasalahan vektor, siswa berlatih mengembangkan kemampuan interpretasi. Pada saat menentukan hubungan antarkomponen vektor dan memilih prosedur penyelesaian, siswa menggunakan kemampuan analisis. Kegiatan membandingkan hasil perhitungan dengan visualisasi GeoGebra memberikan kesempatan untuk mengevaluasi ketepatan jawaban, sedangkan penyusunan kesimpulan melatih kemampuan inferensi dan eksplanasi. Aktivitas tersebut memperlihatkan bahwa keterampilan berpikir kritis tidak hanya dikembangkan melalui pemberian soal, tetapi juga melalui proses pembelajaran yang menuntut siswa memberikan alasan terhadap setiap langkah penyelesaian. Meskipun demikian, data yang disajikan dalam penelitian ini lebih menonjolkan ketuntasan dan skor keseluruhan. Oleh karena itu, peningkatan pada masing-masing indikator berpikir kritis belum dapat dinyatakan secara terpisah tanpa analisis skor per indikator.

Selain keterampilan berpikir kritis, hasil penelitian menunjukkan peningkatan efikasi diri siswa selama dua siklus. Berdasarkan Tabel 2, efikasi diri pada prasiklus memperoleh rata-rata 62%, kemudian meningkat menjadi 81% pada Siklus I sebagaimana disajikan pada Tabel 3, dan mencapai 83,3% pada Siklus II sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Peningkatan tersebut memperlihatkan perubahan keyakinan siswa dalam menghadapi tugas dan mengikuti pembelajaran matematika. Jika ditinjau berdasarkan aspek yang digunakan, keyakinan pada tugas meningkat dari 59% pada prasiklus menjadi 81% pada Siklus I dan 82% pada Siklus II.

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

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

Aspek generalisasi konsep meningkat dari 61% menjadi 79% dan 83%, sedangkan keyakinan dalam belajar meningkat dari 66% menjadi 83% dan 85%.

Perubahan tersebut dapat dikaitkan dengan pengalaman belajar yang diperoleh siswa selama penerapan PBL. Kegiatan menyelesaikan LKPD, berdiskusi dengan teman, memperoleh bantuan ketika mengalami kesulitan, dan mempresentasikan hasil pekerjaan memberikan kesempatan kepada siswa untuk membangun keyakinan terhadap kemampuannya. Pada Siklus I, beberapa siswa masih menunjukkan keraguan ketika bertanya dan menyampaikan hasil diskusi. Guru kemudian memberikan umpan balik dan penguatan terhadap usaha siswa, bukan hanya menekankan ketepatan jawaban. Pada Siklus II, siswa memperoleh panduan presentasi dan stimulus pertanyaan yang lebih terarah sehingga lebih berani menjelaskan hasil penyelesaian secara mandiri. Bandura (1997) menjelaskan bahwa pengalaman keberhasilan, pengalaman melalui pengamatan terhadap orang lain, persuasi verbal, dan kondisi emosional merupakan sumber pembentukan efikasi diri. Dalam penelitian ini, pengalaman menyelesaikan tugas, interaksi antarsiswa, dan umpan balik guru merupakan kondisi pembelajaran yang berpotensi mendukung pembentukan keyakinan tersebut. Temuan ini juga sejalan dengan pandangan Waddington (2023) mengenai efikasi diri sebagai keyakinan individu terhadap kemampuannya dalam melaksanakan tindakan untuk mencapai tujuan tertentu.

Keterkaitan antara keterampilan berpikir kritis dan efikasi diri menjadi aspek penting dalam memahami hasil penelitian ini. Kedua variabel tersebut memiliki peran yang berbeda, tetapi saling mendukung dalam proses pembelajaran matematika. Keterampilan berpikir kritis berkaitan dengan kemampuan siswa mengolah informasi, menganalisis permasalahan, mengevaluasi strategi, dan menyusun kesimpulan, sedangkan efikasi diri berkaitan dengan keyakinan siswa bahwa dirinya mampu melakukan aktivitas tersebut. Siswa yang memiliki keyakinan terhadap kemampuannya cenderung lebih bersedia mencoba strategi penyelesaian, bertahan ketika menghadapi kesulitan, dan menyampaikan hasil pemikirannya. Sebaliknya, pengalaman berhasil menyelesaikan permasalahan melalui proses analisis dan evaluasi dapat memberikan pengalaman keberhasilan yang berpotensi memperkuat efikasi diri.

Dalam pembelajaran yang diterapkan, keterkaitan tersebut terlihat melalui proses diskusi, eksplorasi GeoGebra, penyelesaian LKPD, dan presentasi hasil. Ketika siswa berhasil memahami hubungan antara representasi grafis dan perhitungan vektor, pengalaman tersebut dapat meningkatkan keyakinan untuk menghadapi soal berikutnya. Keyakinan tersebut selanjutnya dapat mendorong siswa untuk lebih aktif mengeksplorasi permasalahan dan mengembangkan penalarannya. Manar et al. (2026) membahas hubungan efikasi diri akademik dengan keterampilan berpikir kritis, sedangkan Nabilah dan Rohmah (2024) mengkaji keterkaitan efikasi diri dengan pemahaman dan kemampuan matematis siswa. Dengan demikian, peningkatan kedua variabel dalam penelitian ini dapat dipahami sebagai perkembangan dua aspek pembelajaran yang saling mendukung. Namun, penelitian ini tidak melakukan uji korelasi atau analisis hubungan antarvariabel secara khusus. Oleh karena itu, peningkatan efikasi diri dan keterampilan berpikir kritis secara bersamaan belum dapat diartikan sebagai bukti hubungan statistik atau pengaruh langsung antara kedua variabel.

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, penelitian ini memperlihatkan bahwa PBL dan GeoGebra dapat diterapkan secara terpadu dalam pembelajaran vektor pada tingkat SMA. Cahyani dan Ahmad (2024) memberikan perhatian pada penerapan PBL dalam pengembangan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar, sedangkan Pant et al. (2024) membahas integrasi GeoGebra untuk mendukung pemahaman konseptual matematika. Martin dan Nazarlin (2025) secara khusus mengkaji pemanfaatan GeoGebra dalam penyelesaian

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

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

masalah vektor. Penelitian ini melengkapi kajian tersebut melalui penerapan kedua pendekatan dalam satu tindakan pembelajaran yang secara bersamaan mengamati keterampilan berpikir kritis dan efikasi diri. Kontribusi penelitian bukan terletak pada pembuktian bahwa salah satu pendekatan lebih unggul daripada pendekatan lainnya, melainkan pada gambaran penerapan kombinasi PBL dan GeoGebra yang disertai peningkatan capaian kognitif dan afektif dalam konteks pembelajaran vektor di satu kelas SMA.

Meskipun menunjukkan perkembangan positif, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, penelitian hanya melibatkan 35 siswa dari satu kelas di satu sekolah, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi untuk populasi siswa yang lebih luas. Kedua, penelitian tidak menggunakan kelompok kontrol atau kelompok pembanding, sehingga peningkatan skor yang terjadi belum dapat diatribusikan secara eksklusif kepada penerapan PBL terintegrasi GeoGebra. Faktor lain, seperti pengalaman belajar berulang, bimbingan guru, dan penyesuaian pembelajaran antarsiklus, mungkin turut berkontribusi terhadap perubahan hasil. Ketiga, terdapat perubahan pengorganisasian siswa dari kelompok heterogen pada Siklus I menjadi diskusi berpasangan pada Siklus II, disertai penambahan stimulus dan panduan presentasi. Dengan demikian, perbedaan hasil antarsiklus tidak hanya berkaitan dengan proses pembelajaran yang sama, tetapi juga dipengaruhi oleh perbaikan tindakan. Keempat, materi penelitian terbatas pada perkalian skalar dan proyeksi ortogonal vektor, sehingga penerapannya pada materi matematika lain masih memerlukan pengujian. Kelima, pengukuran efikasi diri dilakukan melalui angket pada setiap tahap tanpa pengukuran lanjutan setelah tindakan berakhir, sehingga keberlanjutan perubahan keyakinan siswa belum diketahui. Selain itu, penelitian ini belum menguji hubungan statistik antara efikasi diri dan keterampilan berpikir kritis. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya perlu melibatkan sampel yang lebih besar, menggunakan kelompok pembanding, menerapkan pengukuran lanjutan, serta menganalisis hubungan kedua variabel secara lebih mendalam.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan PBL terintegrasi GeoGebra dapat menjadi alternatif pembelajaran untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan efikasi diri pada materi vektor. Keberhasilan pelaksanaan tindakan tidak hanya berkaitan dengan penggunaan teknologi, tetapi juga dengan penyusunan masalah, aktivitas penyelidikan, diskusi, presentasi, dan refleksi yang dilakukan secara bertahap. Kombinasi tersebut memberikan kesempatan kepada siswa untuk memahami konsep melalui visualisasi sekaligus membangun keyakinan melalui pengalaman menyelesaikan permasalahan. Meskipun hasilnya masih terbatas pada konteks kelas yang diteliti, temuan ini memberikan gambaran praktis mengenai penggunaan pembelajaran berbasis masalah yang didukung teknologi visual interaktif dalam pembelajaran matematika.

KESIMPULAN

Di kelas ini, pembelajaran dengan *Problem-Based Learning* terintegrasi GeoGebra diiringi peningkatan keterampilan berpikir kritis yang signifikan dan efikasi diri yang lebih tinggi dalam mempelajari vektor, dan indikator ketuntasan klasikal tercapai pada akhir siklus kedua. Temuan ini mengisyaratkan bahwa memadukan kegiatan berbasis masalah dengan visualisasi dinamis dapat membantu siswa terlibat lebih aktif pada topik yang abstrak dan memperoleh kepercayaan diri terhadap penalarannya sendiri, serta bahwa siklus refleksi yang singkat membantu guru menyesuaikan dukungan yang diberikan. Karena penelitian melibatkan satu kelas tanpa kelompok pembanding, kesimpulan ini berlaku pada konteks yang diteliti. Penelitian selanjutnya perlu menggunakan sampel yang lebih besar dan beragam serta

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

kelompok pembanding, mencakup topik matematika lain, dan menelaah keberlanjutan capaian setelah intervensi berakhir.

DAFTAR PUSTAKA

Aminullah, & Irwansya. (2024). Analisis efektivitas penggunaan teknologi dalam pembelajaran matematika. *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika dan IPA, 4*(4), 678–687. https://doi.org/10.53299/jagomipa.v4i4.721

Arends, R. I. (2012). *Learning to teach* (9th ed.). McGraw-Hill.

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.

Cahyani, V. P., & Ahmad, F. (2024). Efektivitas problem based learning terhadap keterampilan berpikir kritis, hasil belajar dan motivasi siswa. *Venn: Journal of Sustainable Innovation on Education, Mathematics and Natural Sciences, 3*(2), 76–82. https://doi.org/10.53696/venn.v3i2.155

Facione, P. A., & Gittens, C. A. (2015). *Think critically* (3rd ed.). Pearson Education.

Kemmis, S., & McTaggart, R. (Eds.). (1988). *The action research planner* (3rd ed.). Deakin University Press.

Manar, A., Risnawati, R., & Hamdani, F. (2026). Pengaruh self-efficacy akademik terhadap keterampilan berpikir kritis dalam pembelajaran Fiqih: Analisis regresi sederhana. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 12*(1.B), 31–41. https://www.jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/13642

Martin, S. N., & Nazarlin, N. (2025). Kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan masalah penjumlahan vektor secara analitis dan secara grafis berbantuan aplikasi GeoGebra. *Imajiner: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika, 7*(5), 521–527. https://doi.org/10.26877/imajiner.v7i5.24812

Mastuti, A. G., Abdillah, A., Sehuwaky, N., & Risahondua, R. (2022). Revealing students' critical thinking ability according to Facione's theory. *Al-Jabar: Jurnal Pendidikan Matematika, 13*(2), 261–272. https://doi.org/10.24042/ajpm.v13i2.13005

Nabilah, N. S., & Rohmah, S. (2024). Menggali keterampilan komunikasi dan koneksi matematis siswa pada materi peluang melalui self-efficacy. *JIPMat: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, 9*(2), 305–313. https://doi.org/10.26877/jipmat.v9i2.1084

OECD. (2023). *PISA 2022 assessment and analytical framework*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en

Pant, B. P., Dahal, N., & Luitel, B. C. (2024). Teachers' narratives on integrating GeoGebra for enhancing conceptual understanding in mathematics. In W.-C. Yang, D. Meade, & W. K. Ho (Eds.), *Proceedings of the 29th Asian Technology Conference in Mathematics* (pp. 411–419). Mathematics and Technology, LLC. https://atcm.mathandtech.org/EP2024/regular/22201.pdf

Rafli, A., Ramadany, I. A., Azuhra, N., Ramadhani, N. N., Nasution, S. E., Mukhtar, & Suwanto. (2025). Analisis scaffolding dan visualisasi dalam penyajian materi vektor 3D pada modul matematika peminatan kelas X KD 3.2. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar, 10*(4), 212–226. https://doi.org/10.23969/jp.v10i04.36839

Rezeqi, S. (2023). Model problem based learning dalam pembelajaran matematika SMA/SMK. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika Jakarta, 5*(2), 11–20. https://doi.org/10.21009/jrpmj.v5i2

Sari, D. R., Rahardjo, S. B., & Prayitno, B. A. (2025). Problem-based learning as a catalyst for 21st-century skills in secondary education: A systematic literature review. *Proceeding*

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604

of the International Conference on Teacher Training and Education, 220–228. https://jurnal.uns.ac.id/ictte/article/view/114727

Sitorus, R. M., & Nazaruddin, I. (2021). Perbedaan kemampuan berpikir kreatif dan berpikir kritis siswa yang diajar menggunakan pembelajaran konvensional dengan kontekstual. *FARABI: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika, 4*(1), 1–17. https://doi.org/10.47662/farabi.v4i1.78

Suryaningrum, C. W., Marta Rini, A. F., Agustina, L., & Eurika, N. (2023). Meningkatkan kemampuan representasi semiotik siswa dengan metode guided discovery learning. *Jurnal Axioma: Jurnal Matematika dan Pembelajaran, 8*(1), 72–83. https://doi.org/10.56013/axi.v8i1.1989

Togatorop, F. H., Purba, B. P. P., Sihombing, A. H., Lahagu, K. M. S., Manik, E., Pangaribuan, F., & Simanjuntak, R. M. (2025). Memanfaatkan teori belajar kognitivisme untuk memperkuat pembelajaran deep learning. *Civic Society Research and Education, 6*(1), 44–61. https://jurnal.uniraya.ac.id/index.php/JPKn/article/download/3137/1688

Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. Jossey-Bass.

Waddington, J. (2023). Self-efficacy. *ELT Journal, 77*(2), 237–240. https://doi.org/10.1093/elt/ccac046

Yu, L., & Zin, Z. M. (2023). The critical thinking-oriented adaptations of problem-based learning models: A systematic review. *Frontiers in Education, 8*, Article 1139987. https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1139987

Copyright (c) 2026 SCIENCE : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika dan IPA
https://doi.org/10.51878/science.v6i4.16604