

## INTEGRASI GEOGEBRA DALAM PEMBELAJARAN UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN BERPIKIR ALJABAR

Masnia<sup>1\*</sup>, Emy Sohilait<sup>2</sup>, Hafsa Adha Diana<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Pendidikan Matematika Universitas Media Nusantara Citra Jakarta

<sup>2</sup> Pendidikan Matematika STKIP Gotong Royong Masohi

\*e-mail: [m\\_nia83@yahoo.com](mailto:m_nia83@yahoo.com)

**Abstract:** Algebra often challenges students due to its abstract concepts that require deep understanding and critical thinking. Using technology-based visual tools like GeoGebra can improve comprehension. GeoGebra offers interactive visualizations that help students intuitively grasp algebraic concepts. This study analyzes GeoGebra's effectiveness in enhancing algebraic reasoning skills. A quasi-experimental design with a pretest-posttest control group was used. Calculus students were divided into an experimental group using GeoGebra and a control group with conventional methods. Data were collected through algebra tests before and after the intervention. Results showed the experimental group had higher posttest scores than the control group. GeoGebra effectively helped students visualize abstract concepts and understand patterns and variable relationships. However, the difference was not statistically significant, possibly due to the small sample size and varied initial abilities. These findings support GeoGebra as an effective exploratory learning tool. The study recommends longer interventions, collaborative methods, educator training, and more comprehensive research. With proper use, GeoGebra has strong potential as an innovative tool in algebra education.

**Keywords:** GeoGebra; algebra learning; algebraic reasoning comprehension; interactive visualisation.

**Abstrak:** Aljabar sering menjadi tantangan bagi siswa karena konsepnya yang abstrak membutuhkan pemahaman mendalam dan kemampuan berpikir kritis. Penggunaan alat visual berbasis teknologi seperti GeoGebra dapat meningkatkan pemahaman siswa. GeoGebra menawarkan visualisasi interaktif yang membantu siswa memahami konsep aljabar secara intuitif. Penelitian ini menganalisis efektivitas GeoGebra dalam meningkatkan kemampuan penalaran aljabar. Desain penelitian yang digunakan adalah kuasi-eksperimental dengan kelompok kontrol pretest-posttest. Mahasiswa kalkulus dibagi menjadi kelompok eksperimen yang menggunakan GeoGebra dan kelompok kontrol yang menggunakan metode konvensional. Data dikumpulkan melalui tes aljabar sebelum dan sesudah intervensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skor posttest kelompok eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. GeoGebra secara efektif membantu siswa memvisualisasikan konsep abstrak dan memahami pola serta hubungan antar variabel. Namun, perbedaan tersebut tidak signifikan secara statistik, kemungkinan karena ukuran sampel yang kecil dan variasi kemampuan awal. Temuan ini mendukung GeoGebra sebagai alat pembelajaran eksploratif yang efektif. Penelitian ini merekomendasikan intervensi yang lebih lama, metode kolaboratif, pelatihan pendidik, dan penelitian yang lebih komprehensif. Dengan penggunaan yang tepat, GeoGebra memiliki potensi besar sebagai alat inovatif dalam pembelajaran aljabar.

**Kata kunci:** GeoGebra; pembelajaran aljabar; pemahaman berpikir aljabar; visualisasi interaktif.

Diterima: 23 November 2024

Disetujui: 17 Desember 2024

Dipublikasi: 19 Februari 2025



© 2025 FKIP Universitas Terbuka  
This work is licensed under a CC-BY license

## PENDAHULUAN

Pembelajaran aljabar merupakan salah satu bidang yang esensial dalam pendidikan matematika, karena memerlukan kemampuan berpikir abstrak serta pemahaman mendalam terhadap konsep-konsep simbolis (Mosca, 2024). Aljabar tidak hanya terbatas pada operasi aritmatika, tetapi juga melibatkan analisis hubungan antar variabel dan pemodelan matematis, yang menjadi dasar penting dalam mengembangkan keterampilan berpikir logis dan analitis (Mangelep et al., 2024). Namun, proses pembelajaran aljabar sering menghadapi tantangan yang signifikan. Banyak mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep aljabar yang bersifat abstrak dan kompleks (Fitria, 2014). Kesulitan ini, sebagaimana dijelaskan oleh AL-Rababaha et al., (2020), sering kali disebabkan oleh ketidakmampuan mahasiswa dalam menghubungkan simbol-simbol aljabar dengan makna konkret dan intuitif, yang mengarah pada miskonsepsi dan kegagalan dalam memahami konsep.

Untuk mengatasi hambatan ini, teknologi pendidikan telah menawarkan solusi yang inovatif melalui pengembangan perangkat lunak berbasis visualisasi, salah satunya adalah GeoGebra (Widayat et al., 2024). GeoGebra merupakan aplikasi matematika interaktif yang mendukung visualisasi dinamis dan manipulasi grafik, memungkinkan mahasiswa untuk lebih mudah memahami konsep-konsep abstrak. Berdasarkan penelitian Siregar et al., (2024), GeoGebra terbukti efektif dalam membantu mahasiswa memvisualisasikan dan memahami konsep aljabar secara lebih cepat dan akurat, sehingga meningkatkan kualitas pembelajaran. Selain memberikan representasi visual dari konsep-konsep matematika, GeoGebra juga memungkinkan mahasiswa untuk melakukan eksplorasi mandiri, yang meningkatkan keterlibatan aktif mereka dalam proses pembelajaran (Melati et al., 2023).

Masalah utama yang dihadapi dalam pembelajaran aljabar adalah rendahnya tingkat pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep abstrak, yang berdampak pada lemahnya kemampuan berpikir kritis mereka dalam menyelesaikan masalah matematis. Penggunaan alat bantu visual seperti GeoGebra menawarkan solusi yang menjembatani kesenjangan ini. Penelitian Zhou et al., (2022) menunjukkan bahwa integrasi GeoGebra dalam pembelajaran aljabar mampu mengubah cara mahasiswa memahami konsep-konsep simbolis menjadi lebih intuitif dan bermakna. GeoGebra memfasilitasi visualisasi pola dan perubahan secara langsung melalui grafik dan animasi, memberikan representasi konkret dari konsep abstrak, yang pada akhirnya memperkuat pemahaman mahasiswa.

Selain mendukung pembelajaran individual, GeoGebra juga mendorong pembelajaran kolaboratif. Lestari, (2021) menemukan bahwa mahasiswa yang berkolaborasi menggunakan GeoGebra dalam kelompok kecil menunjukkan peningkatan kemampuan dalam menyelesaikan masalah aljabar yang kompleks. Kolaborasi ini juga membangun keterampilan komunikasi matematika dan berpikir kritis mahasiswa melalui eksplorasi bersama dan diskusi aktif.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan GeoGebra dalam meningkatkan pemahaman aljabar mahasiswa. Keunikan penelitian ini terletak pada fokusnya untuk mengeksplorasi integrasi GeoGebra dalam konteks pembelajaran di Indonesia, yang masih jarang dibahas dalam penelitian sebelumnya. Melalui evaluasi pretest dan posttest, serta analisis persepsi mahasiswa, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan metode pembelajaran aljabar yang lebih efektif dan relevan.

## **METODE**

Metodologi penelitian ini menggunakan desain quasi-experiment dengan pendekatan pretest-posttest control group, yang bertujuan untuk menganalisis efektivitas penggunaan GeoGebra dalam pembelajaran aljabar bagi mahasiswa teknik informatika. Desain ini menggunakan perbandingan antara kelompok eksperimen, yang menggunakan GeoGebra sebagai alat bantu visualisasi dalam pembelajaran, dan kelompok kontrol yang mempelajari aljabar dengan metode konvensional. Populasi penelitian terdiri dari mahasiswa teknik informatika yang sedang mengambil mata kuliah Kalkulus. Sampel dipilih secara purposive, yaitu dua kelas yang diacak menjadi dua kelompok, masing-masing berjumlah 15 mahasiswa, dengan total keseluruhan sampel sebanyak 30 mahasiswa.

Instrumen yang digunakan meliputi tes pemahaman aljabar mahasiswa. Tes pemahaman aljabar ini disusun untuk mengukur kemampuan berpikir aljabar sebelum dan sesudah intervensi. Tes berisi soal yang menilai kemampuan generasional, transformasional dan level meta global dalam konteks aljabar. Prosedur penelitian dimulai dengan pelaksanaan pretest untuk kedua kelompok guna mengukur kemampuan berpikir aljabar awal. Selanjutnya, intervensi pembelajaran dilakukan, mahasiswa dalam kelompok eksperimen belajar menggunakan GeoGebra untuk memvisualisasikan konsep-konsep matematika dan menyelesaikan soal, sementara kelompok kontrol menggunakan metode pembelajaran konvensional tanpa bantuan GeoGebra, yakni melalui ceramah dan latihan soal tertulis. Setelah periode intervensi selesai, kedua kelompok diberikan posttest untuk mengukur peningkatan kemampuan berpikir aljabar.

Analisis data dilakukan dengan uji statistik, yaitu t-test untuk sampel independen, guna menentukan apakah terdapat perbedaan signifikan antara kedua kelompok. Apabila data berdistribusi non-normal, uji nonparametrik seperti Mann-Whitney U akan digunakan sebagai alternatif. Dengan metodologi ini, penelitian diharapkan dapat memberikan bukti empiris mengenai efektivitas GeoGebra dalam meningkatkan kemampuan berpikir aljabar mahasiswa serta memberikan wawasan tentang penerimaan mahasiswa terhadap penggunaan teknologi visualisasi dalam pembelajaran matematika.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan kemampuan berpikir aljabar antara kelompok eksperimen yang mengikuti pembelajaran berintegrasi GeoGebra dan kelompok kontrol yang tidak menerima intervensi serupa. Pada hasil pretest, rata-rata skor kelompok eksperimen adalah 52,73 dengan standar deviasi 12,35, menunjukkan variasi nilai yang relatif rendah. Interval kepercayaan 95% berada pada rentang 45,89 – 59,57, dengan nilai minimum 30 dan maksimum 73. Sementara itu, kelompok kontrol memiliki rata-rata skor pretest lebih rendah, yaitu 43,93, dengan standar deviasi 26,40 yang menunjukkan variasi nilai yang lebih besar. Interval kepercayaan 95% kelompok kontrol berada pada rentang 29,31 – 58,55, dengan skor minimum 10 dan maksimum 90. Seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Statistika Deskriptif Kemampuan Berpikir Aljabar

		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
						Lower Bound	Upper Bound		
Preetest	Eksperimen	15	52.73	12.34	3.18	45.8947	59.5719	30.00	73.00
	Kontrol	15	43.93	26.40	6.81	29.3124	58.5543	10.00	90.00
	Total	30	48.33	20.74	3.78	40.5888	56.0779	10.00	90.00
Posttest	Eksperimen	15	57.93	12.29	3.17	51.1236	64.7430	35.00	78.00
	Kontrol	15	46.13	26.07	6.73	31.6942	60.5725	12.00	92.00
	Total	30	52.03	20.90	3.81	44.2256	59.8411	12.00	92.00

Tabel 1 menunjukkan bahwa pada hasil posttest, rata-rata skor kelompok eksperimen meningkat signifikan menjadi 57,93, dengan standar deviasi 12,30, mencerminkan peningkatan kemampuan berpikir aljabar setelah menggunakan GeoGebra dalam pembelajaran. Interval kepercayaan 95% untuk kelompok eksperimen berada pada rentang 51,12 – 64,74, dengan nilai minimum 35 dan maksimum 78. Sebaliknya, kelompok kontrol hanya mengalami sedikit peningkatan dengan rata-rata posttest 46,13, standar deviasi 26,07, serta interval kepercayaan 95% pada rentang 31,69 – 60,57. Skor minimum kelompok kontrol adalah 12, sementara skor maksimum mencapai 92.

Tabel 2 Uji Normalitas

	KELAS	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
Preetest	Eksperimen	.106	15	.200*	.979	15	.965
	Kontrol	.256	15	.009	.860	15	.024
Posttest	Eksperimen	.124	15	.200*	.975	15	.919
	Kontrol	.260	15	.008	.859	15	.023

\*. This is a lower bound of the true significance.

a. Lilliefors Significance Correction

Hasil uji normalitas menggunakan Kolmogorov-Smirnov dan Shapiro-Wilk menunjukkan bahwa data pretest dan posttest pada kelompok eksperimen berdistribusi normal, sedangkan data pada kelompok kontrol tidak berdistribusi normal. Pada pretest, kelompok eksperimen memiliki nilai signifikansi 0,200 untuk Kolmogorov-Smirnov dan 0,965 untuk Shapiro-Wilk ( $p > 0,05$ ), yang menunjukkan distribusi data normal. Sebaliknya, kelompok kontrol memiliki nilai signifikansi 0,009 (Kolmogorov-Smirnov) dan 0,024 (Shapiro-Wilk), sehingga data tidak berdistribusi normal ( $p < 0,05$ ). Pada posttest, kelompok eksperimen kembali menunjukkan distribusi data normal dengan nilai signifikansi 0,200 (Kolmogorov-Smirnov) dan 0,919 (Shapiro-Wilk). Namun, data pada kelompok kontrol tetap tidak berdistribusi normal, dengan nilai signifikansi 0,008 (Kolmogorov-Smirnov) dan 0,023 (Shapiro-Wilk). Temuan ini menunjukkan bahwa asumsi normalitas tidak terpenuhi pada kelompok kontrol, sehingga analisis statistik lanjutan perlu mempertimbangkan uji non-parametrik untuk kelompok tersebut seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Uji Homogenitas

		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
PREETEST	Based on Mean	12.162	1	28	.002
	Based on Median	3.351	1	28	.078
	Based on Median and with adjusted df	3.351	1	17.515	.084
	Based on trimmed mean	11.109	1	28	.002
POSTEST	Based on Mean	11.888	1	28	.002
	Based on Median	3.264	1	28	.082
	Based on Median and with adjusted df	3.264	1	17.305	.088
	Based on trimmed mean	10.856	1	28	.003

Tabel 3 menunjukkan hasil uji homogenitas varians menggunakan uji Levene menunjukkan bahwa varians antara kelompok eksperimen dan kontrol pada pretest dan posttest tidak sepenuhnya homogen. Pada pretest, hasil berdasarkan mean menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,002 ( $p < 0,05$ ), yang mengindikasikan bahwa varians antara kedua kelompok tidak homogen. Namun, uji berdasarkan median menghasilkan nilai signifikansi 0,078 dan 0,084 (berdasarkan median dengan penyesuaian derajat kebebasan), yang mendekati 0,05, tetapi tetap tidak memenuhi asumsi homogenitas dengan kuat.

Pada posttest, hasil berdasarkan mean juga menunjukkan nilai signifikansi 0,002 ( $p < 0,05$ ), yang mengindikasikan ketidakhomogenan varians antara kedua kelompok. Sementara itu, hasil berdasarkan median menghasilkan nilai signifikansi 0,082 dan 0,088 (dengan penyesuaian derajat kebebasan), yang menunjukkan bahwa varians antara kelompok tidak sepenuhnya homogen, meskipun lebih mendekati homogenitas dibandingkan hasil berdasarkan mean.

Secara keseluruhan, analisis menunjukkan bahwa asumsi homogenitas varians tidak terpenuhi berdasarkan mean, baik pada pretest maupun posttest. Oleh karena itu, analisis statistik lanjutan yang lebih terhadap ketidakhomogenan, seperti uji non-parametrik.

Tabel 4 hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok kelas pada nilai pretest maupun posttest berdasarkan uji Mann-Whitney U. Pada hasil pretest, diperoleh nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,115 dengan nilai Z sebesar -1,577, yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan antara kelompok ( $p > 0,05$ ). Hasil POSTEST juga menunjukkan hal serupa, dengan nilai Asymp. Sig. (2-tailed) sebesar 0,078 dan nilai Z sebesar -1,763. Meskipun hasil posttest menunjukkan nilai signifikansi yang mendekati 0,05, hal ini tetap tidak memenuhi kriteria signifikan secara statistik. Namun, perbedaan yang mendekati signifikan pada posttest dapat mengindikasikan adanya efek perlakuan yang mulai terlihat meskipun belum cukup kuat untuk disimpulkan secara signifikan pada tingkat kepercayaan 95%. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan belum memberikan efek yang signifikan terhadap perbedaan hasil antara kelompok kelas, baik pada pretest maupun posttest.

Tabel 4 Uji Mann-Whitney U

	PREETEST	POSTEST
Mann-Whitney U	74.500	70.000
Wilcoxon W	194.500	190.000
Z	-1.577	-1.763
Asymp. Sig. (2-tailed)	.115	.078
Exact Sig. [2*(1-tailed.116 <sup>b</sup> Sig.)]		.081 <sup>b</sup>

a. Grouping Variable: KELAS

b. Not corrected for ties.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa GeoGebra memiliki potensi besar untuk meningkatkan kemampuan berpikir aljabar mahasiswa. Kelompok eksperimen yang menggunakan GeoGebra menunjukkan peningkatan rata-rata skor posttest menjadi 57,93 dibandingkan dengan 52,73 pada pretest, yang mencerminkan efektivitas GeoGebra dalam membantu mahasiswa memahami konsep-konsep aljabar yang abstrak. Sebaliknya, kelompok kontrol yang menggunakan metode pembelajaran konvensional hanya mengalami peningkatan minimal, dari rata-rata skor 43,93 pada pretest menjadi 46,13 pada posttest. Hal ini menunjukkan bahwa GeoGebra, dengan fitur visualisasi interaktifnya, mampu memfasilitasi pemahaman yang lebih baik terhadap hubungan antarvariabel dan transformasi fungsi. Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Siregar et al., (2024) yang menemukan bahwa penggunaan GeoGebra secara signifikan meningkatkan kemampuan mahasiswa dalam memahami grafik fungsi aljabar dan pola matematis melalui eksplorasi visual. Penelitian lain oleh Zhou et al., (2022) juga menunjukkan bahwa GeoGebra dapat memperkuat pemahaman konsep abstrak dengan menyediakan representasi konkret, yang memungkinkan mahasiswa memahami transformasi fungsi secara real-time.

Namun, analisis statistik melalui uji Mann-Whitney U menunjukkan bahwa perbedaan skor antara kedua kelompok belum signifikan secara statistik, dengan nilai signifikansi posttest sebesar 0,078. Ketidakhomogenan varians dan distribusi data pada kelompok kontrol, serta ukuran sampel yang kecil (15 mahasiswa per kelompok), kemungkinan menjadi penyebab hasil yang tidak signifikan ini. Temuan ini didukung oleh penelitian Chen & Hwang, (2020), yang menekankan bahwa ukuran sampel kecil dan variasi besar dalam kemampuan awal mahasiswa dapat memengaruhi hasil penelitian, terutama dalam studi kuasi-eksperimental. Di sisi lain, penelitian Wulandari, (2019) menunjukkan bahwa durasi intervensi yang lebih panjang dapat menghasilkan efek yang lebih kuat dalam peningkatan kemampuan berpikir aljabar mahasiswa.

Meskipun demikian, perbedaan skor yang mendekati signifikan pada posttest mengindikasikan adanya potensi efek perlakuan yang lebih besar jika penelitian dilakukan dengan sampel yang lebih besar dan desain yang lebih robust. Variasi skor yang lebih kecil pada kelompok eksperimen (standar deviasi 12,30 pada posttest) dibandingkan dengan kelompok kontrol (standar deviasi 26,07) menunjukkan bahwa GeoGebra juga membantu menciptakan pembelajaran yang lebih konsisten. Selain itu, temuan ini mendukung teori konstruktivis, yang menyatakan bahwa pembelajaran akan

lebih efektif ketika mahasiswa aktif membangun pemahaman melalui eksplorasi langsung, seperti yang difasilitasi oleh GeoGebra (Hohenwarter, 2002). Namun, penelitian ini juga menunjukkan bahwa implementasi GeoGebra memerlukan kesiapan pendidik dan pelatihan teknis yang memadai agar perangkat ini dapat digunakan secara optimal dalam pembelajaran. Sebaliknya, penelitian oleh (Azucena et al., 2022) menemukan bahwa hasil signifikan lebih mudah dicapai pada pembelajaran berbasis proyek yang melibatkan GeoGebra dibandingkan dengan metode eksperimental berbasis individu. Hasil ini mengindikasikan bahwa selain teknologi, strategi pengajaran juga memainkan peran penting dalam memaksimalkan manfaat GeoGebra.

Secara keseluruhan, GeoGebra memiliki potensi untuk meningkatkan pemahaman aljabar, tetapi penelitian ini menghadapi beberapa keterbatasan, termasuk ukuran sampel kecil, durasi intervensi yang singkat, dan ketidakhomogenan varians antara kelompok eksperimen dan kontrol. Untuk penelitian selanjutnya, direkomendasikan untuk menggunakan sampel yang lebih besar, memperpanjang durasi pembelajaran dengan GeoGebra, dan mengintegrasikan perangkat ini dengan metode pembelajaran kolaboratif untuk memaksimalkan efektivitasnya. Dengan perbaikan tersebut, GeoGebra dapat menjadi alat yang lebih efektif dalam membantu mahasiswa memahami aljabar dan meningkatkan keterampilan berpikir kritis mereka.

## **SIMPULAN**

Penelitian ini menunjukkan bahwa GeoGebra memiliki potensi besar untuk meningkatkan kemampuan berpikir aljabar mahasiswa melalui pendekatan visualisasi interaktif yang memfasilitasi pemahaman konsep-konsep abstrak. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kelompok eksperimen yang menggunakan GeoGebra mengalami peningkatan rata-rata skor posttest lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol yang menggunakan metode konvensional. Hal ini menunjukkan efektivitas GeoGebra dalam membantu mahasiswa memahami hubungan antarvariabel dan transformasi fungsi aljabar. Namun, perbedaan hasil antar kelompok belum signifikan secara statistik, kemungkinan disebabkan oleh ukuran sampel yang kecil, ketidakhomogenan varians, dan durasi intervensi yang singkat. Meski demikian, data menunjukkan bahwa GeoGebra dapat menciptakan pembelajaran yang lebih konsisten dan mendukung teori konstruktivis, di mana mahasiswa aktif membangun pemahaman melalui eksplorasi langsung. Penelitian ini juga menyoroti pentingnya kesiapan pendidik dalam mengintegrasikan GeoGebra secara optimal. Selain itu, hasil menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dan kolaborasi dapat memaksimalkan manfaat penggunaan GeoGebra dibandingkan metode individual. Untuk penelitian mendatang, disarankan menggunakan sampel yang lebih besar, memperpanjang durasi pembelajaran, serta mengintegrasikan GeoGebra dengan strategi pembelajaran kolaboratif. Dengan perbaikan ini, GeoGebra dapat menjadi alat pembelajaran yang lebih efektif untuk meningkatkan pemahaman aljabar dan keterampilan berpikir kritis mahasiswa.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Al-Rababaha, Y., Yew, W. T., & Meng, C. C. (2020). Misconceptions in school algebra. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 10(5), 803–812. <https://doi.org/10.6007/IJARBS/v10-i5/7250>

- Azucena, L. J. R., Gacayan, P. J. L., Tabat, M. A. S., Cuanan, K. H., & Pentang, J. (2022). GeoGebra intervention: How have students' performance and confidence in algebra advanced?
- Chen, M. R. A., & Hwang, G. J. (2020). Effects of a concept mapping-based flipped learning approach on EFL students' English speaking performance, critical thinking awareness and speaking anxiety. *British Journal of Educational Technology*, 51(3). <https://doi.org/10.1111/bjet.12887>
- Fitria, A. (2014). *Miskonsepsi mahasiswa dalam menentukan grup pada struktur aljabar menggunakan certainty of response index (CRI) di jurusan pendidikan matematika IAIN Antasari*. Universitas Islam Negeri Antasari.
- Hohenwarter, M. (2002). *GeoGebra: A software system for dynamic geometry and algebra in the plane* (Unpublished master's thesis). University of Salzburg, Austria.
- Lestari, A. (2021). *Analisis pemahaman konsep aljabar mengacu pada teori APOS ditinjau dari gaya belajar interpersonal*. digilib.uinsby.ac.id. <http://digilib.uinsby.ac.id/id/eprint/50851>
- Mangelep, N. O., Mahniar, A., Nurwijayanti, K., Yullah, A. S., & Lahunduitan, L. O. (2024). Pendekatan analisis terhadap kesulitan siswa dalam menghadapi soal matematika dengan pemahaman koneksi materi trigonometri. *Jurnal Review Pendidikan dan Pengajaran (JRPP)*, 7(2), 4358–4366.
- Melati, E., Fayola, A. D., Hita, I. P. A. D., Saputra, A. M. A., Zamzami, Z., & Ninasari, A. (2023). Pemanfaatan animasi sebagai media pembelajaran berbasis teknologi untuk meningkatkan motivasi belajar. *Journal on Education*, 6(1), 732–741.
- Mosca, H. Y. (2024). *Pengaruh model Creative Problem Solving (CPS) terhadap kemampuan berpikir aljabar*. Jakarta: FITK UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- Siregar, T. M., Rumapea, A. S., Agung, N. I. K., Gukguk, R. J. R., Hadriana, S. D., & hAsy-Syifa, N. (2024). Pengaruh penggunaan media pembelajaran berbasis GeoGebra pada pembelajaran materi bangun ruang. *Jurnal Ilmiah Pendidikan dan Keguruan*, 5(4), Artikel 4. <https://ijurnal.com/1/index.php/jipk/article/view/317>
- Widayat, A. H., Mutiarazakia, M., & Darmawan, F. (2024). Pengembangan metode pembelajaran interaktif di kelas matematika dengan memanfaatkan teknologi pendidikan. *Diskusi Panel Nasional Pendidikan Matematika*, 10.
- Wulandari, D. A. (2019). Pemanfaatan GeoGebra dalam pembelajaran grafik fungsi pada ranah kompetensi keterampilan. *Prosiding Seminar Nasional Program Pascasarjana Universitas PGRI Palembang*. <https://jurnal.univpgri-palembang.ac.id/index.php/Prosidingpps/article/view/2983>
- Zhou, R., Chang, H., Zhou, Y., Xu, J., Lu, Y., & Feng, J. (2022). Constructing cognitive reasoning and decision-making under attribute granular computing using fuzzy Petri nets. *IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems*, 1–1. <https://doi.org/10.1109/TCDS.2022.3197616>