

PEMANFAATAN GEOGEBRA DALAM PEMBELAJARAN GEOMETRI ANALITIK UNTUK MENINGKATKAN VISUALISASI DAN PEMAHAMAN KONSEPTUAL MAHASISWA

Abdurahman Hamid

Universitas Negeri Makassar

Email: abdurahman.hamid@unm.ac.id

Coessponding Author: Abdurahman Hamid, Email: abdurahman.hamid@unm.ac.id

Abstrak. Pembelajaran geometri analitik menuntut kemampuan visualisasi matematis dan pemahaman konseptual yang tinggi. Namun, dalam praktiknya mahasiswa masih mengalami kesulitan dalam menghubungkan representasi aljabar dengan bentuk geometris secara visual, seperti menentukan bentuk grafik berdasarkan persamaan garis dan kurva pada bidang koordinat. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji efektivitas pemanfaatan GeoGebra dalam pembelajaran geometri analitik terhadap peningkatan kemampuan visualisasi matematis dan pemahaman konseptual mahasiswa. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuasi-eksperimen dengan desain *pretest–posttest control group design*. Subjek penelitian terdiri atas 60 mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika yang dibagi ke dalam kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelompok eksperimen memperoleh pembelajaran geometri analitik berbantuan GeoGebra, sedangkan kelompok kontrol memperoleh pembelajaran konvensional. Instrumen penelitian berupa tes kemampuan visualisasi matematis dan tes pemahaman konseptual. Data dianalisis menggunakan uji N-Gain dan uji perbedaan rata-rata. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kemampuan visualisasi matematis dan pemahaman konseptual mahasiswa pada kelompok eksperimen lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan kelompok kontrol. Temuan ini menunjukkan bahwa GeoGebra efektif digunakan untuk membantu mahasiswa memahami hubungan antara persamaan matematika dan representasi geometris secara lebih visual dan interaktif. Oleh karena itu, pemanfaatan GeoGebra secara sistematis direkomendasikan dalam pembelajaran geometri analitik di perguruan tinggi guna mendukung pembelajaran yang lebih bermakna.

Kata Kunci: GeoGebra, Geometri Analitik, Visualisasi Matematis, Pemahaman Konseptual

Abstract. Analytic geometry learning requires strong mathematical visualization and conceptual understanding. However, in practice, students still experience difficulties in connecting algebraic representations with geometric forms visually, such as determining graph shapes based on line and curve equations on the coordinate plane. This study aims to examine the effectiveness of GeoGebra-assisted learning in analytic geometry in improving students' mathematical visualization ability and conceptual understanding. The study employed a quasi-experimental approach using a pretest–posttest control group design. The participants consisted of 60 undergraduate students from a Mathematics Education program who were divided into an experimental group and a control group. The experimental group received analytic geometry instruction supported by GeoGebra, while the control group was taught using conventional learning methods. The research instruments consisted of a mathematical visualization test and a conceptual understanding test. Data were analyzed using N-Gain analysis and mean difference tests. The results showed that the improvement in students' mathematical visualization ability and conceptual understanding in the experimental group was significantly higher than that of the control group. These findings indicate that GeoGebra is effective in helping students understand the relationship between mathematical equations and geometric representations in a more visual and interactive way. Therefore, the systematic integration of GeoGebra is recommended in analytic geometry learning at the university level to support more meaningful learning.

Keywords: GeoGebra, Analytic Geometry, Mathematical Visualization, Conceptual Understanding

A. Pendahuluan

Geometri analitik merupakan mata kuliah fundamental dalam program studi Pendidikan Matematika yang berperan sebagai penghubung antara konsep aljabar dan geometri. Melalui



pembelajaran geometri analitik, mahasiswa diharapkan mampu merepresentasikan objek geometri dalam bentuk persamaan aljabar serta menafsirkan makna geometris dari representasi simbolik tersebut. Namun, berbagai studi menunjukkan bahwa geometri analitik masih menjadi mata kuliah yang dipersepsikan sulit oleh mahasiswa karena tingginya tuntutan kemampuan visualisasi dan pemahaman konseptual (Battista, 2007; Rahman et al., 2025).

Kesulitan mahasiswa dalam pembelajaran geometri analitik umumnya terletak pada ketidakmampuan mengaitkan representasi simbolik dan visual secara bermakna. Mahasiswa sering kali mampu menyelesaikan perhitungan aljabar secara prosedural, tetapi gagal memahami makna geometris dari persamaan yang dihasilkan. Kondisi ini sejalan dengan temuan Duval (2006) yang menegaskan bahwa kegagalan dalam koordinasi berbagai representasi matematis menjadi salah satu penyebab utama rendahnya pemahaman konseptual dalam pembelajaran matematika.

Pemahaman konseptual dan kemampuan visualisasi merupakan dua kompetensi kunci dalam pembelajaran geometri analitik. Visualisasi matematis membantu mahasiswa membangun gambaran mental terhadap objek dan relasi geometris, sedangkan pemahaman konseptual memungkinkan mahasiswa menghubungkan berbagai representasi tersebut secara koheren (Hamid, 2025; Tall, 2013). Tanpa dukungan visualisasi yang memadai, pembelajaran geometri analitik cenderung bersifat mekanistik dan berorientasi pada manipulasi simbol semata.

Seiring perkembangan teknologi, integrasi perangkat lunak matematika dinamis menjadi salah satu solusi potensial untuk mengatasi permasalahan tersebut. GeoGebra merupakan perangkat lunak matematika dinamis yang mengintegrasikan representasi aljabar, geometri, dan grafik secara simultan dan interaktif. Hohenwarter dan Fuchs (2004) menyatakan bahwa GeoGebra dirancang untuk membantu peserta didik membangun keterkaitan langsung antara representasi simbolik dan visual melalui eksplorasi dan manipulasi objek matematika secara real time. Dalam perspektif pembelajaran berbantuan teknologi, penggunaan media visual interaktif juga sejalan dengan teori multimedia learning yang menekankan pentingnya integrasi visual dan verbal untuk memperkuat pemahaman konsep (Mayer, 2020).

Berbagai penelitian empiris menunjukkan bahwa pemanfaatan GeoGebra berdampak positif terhadap kemampuan visualisasi dan pemahaman konseptual. Arbain dan Shukor (2015) menemukan bahwa pembelajaran geometri berbantuan GeoGebra mampu meningkatkan pencapaian dan pemahaman konsep secara signifikan. Penelitian Zengin et al. (2012) juga menunjukkan bahwa mahasiswa yang belajar dengan GeoGebra memiliki pemahaman konsep yang lebih baik dibandingkan dengan pembelajaran konvensional. Temuan ini diperkuat oleh penelitian terbaru yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis GeoGebra berkontribusi signifikan terhadap peningkatan visual thinking dan conceptual understanding mahasiswa (Bakar et al., 2021; Rahmawati & Retnawati, 2023).

Dalam konteks pendidikan tinggi, pemanfaatan GeoGebra tidak hanya meningkatkan hasil belajar, tetapi juga mendorong keterlibatan aktif mahasiswa dalam proses pembelajaran. Lavicza et al. (2022) menegaskan bahwa integrasi GeoGebra di perkuliahan matematika universitas memberikan peluang bagi mahasiswa untuk melakukan eksplorasi konsep secara mandiri dan reflektif. Selain itu, hasil kajian sistematis yang dilakukan oleh Fahlgren dan Brunström (2022) menunjukkan bahwa lingkungan geometri dinamis berkontribusi signifikan terhadap penguatan pemahaman konseptual, terutama pada materi matematika yang bersifat abstrak.

Meskipun demikian, beberapa penelitian menekankan bahwa efektivitas GeoGebra sangat bergantung pada desain pembelajaran dan tujuan pedagogis penggunaannya. GeoGebra tidak sekadar berfungsi sebagai alat visualisasi, tetapi perlu diintegrasikan secara sistematis untuk mendukung proses berpikir matematis mahasiswa (Leung, 2015; Santos-Trigo & Moreno-Armella, 2021). Oleh karena itu, penggunaan GeoGebra dalam pembelajaran geometri



analitik harus diarahkan secara eksplisit untuk membangun keterkaitan antara visualisasi dan pemahaman konseptual.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas pembelajaran geometri analitik berbantuan GeoGebra dalam meningkatkan kemampuan visualisasi matematis dan pemahaman konseptual mahasiswa. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk melihat perbedaan peningkatan kemampuan mahasiswa antara kelas yang menggunakan GeoGebra dan kelas yang menggunakan pembelajaran konvensional. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi GeoGebra dalam pembelajaran geometri analitik pada tingkat perguruan tinggi dengan fokus simultan pada kemampuan visualisasi matematis dan pemahaman konseptual mahasiswa. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya menitikberatkan pada hasil belajar atau visualisasi secara terpisah, penelitian ini mengkaji keterkaitan kedua kemampuan tersebut dalam konteks eksplorasi representasi aljabar dan geometris secara dinamis.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuasi-eksperimen (*quasi-experimental research*) dengan menggunakan desain *pretest-posttest control group design*. Pemilihan desain kuasi-eksperimen didasarkan pada pertimbangan bahwa peneliti tidak memungkinkan untuk melakukan pengacakan subjek secara penuh, tetapi tetap ingin mengkaji pengaruh perlakuan secara empiris melalui perbandingan kelompok eksperimen dan kelompok kontrol (Creswell & Creswell, 2018).

Desain penelitian ini memungkinkan peneliti untuk menganalisis peningkatan kemampuan visualisasi dan pemahaman konseptual mahasiswa sebelum dan sesudah perlakuan, serta membandingkannya dengan pembelajaran konvensional.

Subjek penelitian adalah mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika yang sedang menempuh mata kuliah Geometri Analitik pada salah satu perguruan tinggi. Subjek penelitian terdiri atas 60 mahasiswa Program Studi Pendidikan Matematika yang sedang menempuh mata kuliah Geometri Analitik. Sebanyak 30 mahasiswa berada pada kelompok eksperimen dan 30 mahasiswa lainnya berada pada kelompok kontrol. Pemilihan subjek dilakukan dengan teknik *purposive sampling*, yaitu memilih dua kelas yang memiliki karakteristik akademik relatif setara berdasarkan nilai mata kuliah prasyarat.

Satu kelas ditetapkan sebagai kelompok eksperimen yang memperoleh pembelajaran geometri analitik berbantuan GeoGebra, sedangkan kelas lainnya sebagai kelompok kontrol yang memperoleh pembelajaran konvensional tanpa penggunaan perangkat lunak dinamis.

Variabel penelitian terdiri atas satu variabel bebas dan dua variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah pembelajaran geometri analitik berbantuan GeoGebra, sedangkan variabel terikatnya adalah kemampuan visualisasi matematis dan pemahaman konseptual mahasiswa.

Kemampuan visualisasi dan pemahaman konseptual dipandang sebagai kompetensi kognitif yang saling berkaitan dalam pembelajaran geometri analitik (Presmeg, 2006; Tall, 2013). Adapun prosedur penelitian dilaksanakan melalui tahapan berikut:

1. Tahap persiapan
 - a. Penyusunan perangkat pembelajaran berbantuan GeoGebra
 - b. Penyusunan instrumen tes visualisasi dan pemahaman konseptual
 - c. Validasi instrumen oleh ahli
2. Tahap pelaksanaan
 - a. Pemberian pretest kepada kelompok eksperimen dan kontrol
 - b. Pelaksanaan pembelajaran: Kelompok eksperimen: pembelajaran geometri analitik dengan integrasi GeoGebra secara interaktif dan Kelompok kontrol: pembelajaran konvensional berbasis ceramah dan latihan soal



- c. Pemberian posttest kepada kedua kelompok
3. Tahap akhir

- a. Pengolahan dan analisis data
- b. Penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis statistik

Penggunaan GeoGebra dalam kelompok eksperimen dirancang untuk mendorong eksplorasi visual dan keterkaitan antara representasi aljabar dan geometris secara simultan (Hohenwarter & Fuchs, 2004; Lavicza et al., 2022).

Instrumen penelitian berupa tes tertulis yang terdiri atas: Tes kemampuan visualisasi matematis, yang mengukur kemampuan mahasiswa dalam merepresentasikan dan menafsirkan objek geometri analitik secara visual. Serta tes pemahaman konseptual, yang mengukur kemampuan mahasiswa dalam memahami makna konsep, menghubungkan berbagai representasi, dan menjelaskan hubungan antar konsep.

Pengembangan instrumen mengacu pada indikator pemahaman konseptual dan visualisasi matematis yang dikemukakan oleh Duval (2006) dan Presmeg (2006).

Validitas isi instrumen ditentukan melalui *expert judgment* oleh dosen ahli matematika dan pendidikan matematika. Selanjutnya, uji validitas empiris dilakukan menggunakan korelasi *Product Moment*, sedangkan reliabilitas instrumen dianalisis menggunakan koefisien *Cronbach's Alpha*. Instrumen dinyatakan reliabel apabila nilai koefisien reliabilitas $\geq 0,70$ (Fraenkel et al., 2012).

Analisis data dilakukan secara kuantitatif melalui tahapan berikut:

1. Uji prasyarat analisis, meliputi uji normalitas dan uji homogenitas varians
2. Analisis peningkatan kemampuan visualisasi dan pemahaman konseptual menggunakan uji N-Gain.
3. Pengujian hipotesis menggunakan uji-t independen atau uji Mann–Whitney, disesuaikan dengan hasil uji prasyarat.

Penggunaan analisis inferensial bertujuan untuk mengetahui efektivitas pembelajaran berbantuan GeoGebra dibandingkan pembelajaran konvensional (Field, 2018).

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian ini meliputi data kemampuan visualisasi matematis dan pemahaman konseptual mahasiswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Data diperoleh melalui hasil pretest dan posttest yang dianalisis menggunakan uji N-Gain dan uji perbedaan rata-rata.

Tabel 1. Hasil Pretest dan Posttest Kemampuan Visualisasi Matematis

Kelompok	Pretest	Posttest	N-Gain
Eksperimen	58.2	84.5	0.63
Kontrol	57.6	71.3	0.32

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa peningkatan kemampuan visualisasi matematis mahasiswa pada kelompok eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol. Nilai N-Gain kelompok eksperimen berada pada kategori sedang–tinggi, sedangkan kelompok kontrol berada pada kategori rendah–sedang.

Tabel 2. Hasil Pretest dan Posttest Pemahaman Konseptual

Kelompok	Pretest	Posttest	N-Gain
Eksperimen	60.1	86.2	0.65
Kontrol	59.4	72.5	0.34



Tabel 2 menunjukkan bahwa peningkatan pemahaman konseptual mahasiswa pada kelompok eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelompok kontrol setelah pembelajaran berbantuan GeoGebra diberikan.

Tabel 3. Hasil Uji Perbedaan Rata-rata

Variabel	Sig. (2-tailed)	Keterangan
Visualisasi Matematis	0.001	Signifikan
Pemahaman Konseptual	0.000	Signifikan

Hasil uji statistik pada Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara kelompok eksperimen dan kelompok kontrol pada kemampuan visualisasi matematis dan pemahaman konseptual mahasiswa.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa kemampuan visualisasi matematis mahasiswa pada kelompok eksperimen mengalami peningkatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan kelompok kontrol. Berdasarkan perhitungan skor N-Gain, kelompok eksperimen berada pada kategori sedang–tinggi, sedangkan kelompok kontrol berada pada kategori rendah–sedang. Temuan ini mengindikasikan bahwa pembelajaran geometri analitik berbantuan GeoGebra memberikan kontribusi positif terhadap kemampuan mahasiswa dalam memvisualisasikan objek dan relasi geometri pada bidang koordinat.

Hasil uji perbedaan rata-rata menggunakan uji-t independen menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara kemampuan visualisasi matematis mahasiswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan GeoGebra dalam pembelajaran geometri analitik lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional dalam meningkatkan kemampuan visualisasi matematis mahasiswa.

Analisis hasil pretest dan posttest pemahaman konseptual menunjukkan bahwa mahasiswa pada kelompok eksperimen mengalami peningkatan pemahaman konseptual yang signifikan setelah mengikuti pembelajaran berbantuan GeoGebra. Mahasiswa tidak hanya mampu menyelesaikan soal secara prosedural, tetapi juga mampu menjelaskan makna geometris dari persamaan aljabar yang digunakan.

Sebaliknya, peningkatan pemahaman konseptual pada kelompok kontrol cenderung lebih rendah dan didominasi oleh kemampuan prosedural. Uji statistik inferensial menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara pemahaman konseptual mahasiswa pada kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Hasil ini menegaskan bahwa integrasi GeoGebra dalam pembelajaran geometri analitik berpengaruh positif terhadap pemahaman konseptual mahasiswa.

2. Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan GeoGebra secara signifikan meningkatkan kemampuan visualisasi matematis mahasiswa. Temuan ini sejalan dengan pandangan Presmeg (2006) yang menekankan bahwa visualisasi merupakan komponen kognitif penting dalam pembelajaran matematika, khususnya pada materi yang menuntut representasi spasial seperti geometri analitik. Penggunaan GeoGebra membantu mahasiswa melihat hubungan antara persamaan matematika dan representasi geometrisnya secara langsung, sehingga pemahaman konsep menjadi lebih mudah dibangun.

Hasil penelitian ini juga konsisten dengan temuan Arbain dan Shukor (2015) serta Zengin et al. (2012) yang menyatakan bahwa penggunaan GeoGebra mampu meningkatkan kemampuan visualisasi dan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep geometri. Studi terbaru oleh Bakar et al. (2021) dan Hidayat dan Sariningsih (2021) turut mengonfirmasi bahwa lingkungan geometri dinamis memberikan pengalaman belajar visual yang lebih bermakna dibandingkan pendekatan konvensional.



Peningkatan pemahaman konseptual mahasiswa pada kelompok eksperimen menunjukkan bahwa GeoGebra tidak hanya berfungsi sebagai alat visualisasi, tetapi juga sebagai sarana konstruksi konsep. Hal ini sejalan dengan teori representasi semiotik yang dikemukakan oleh Duval (2006), yang menyatakan bahwa pemahaman konsep matematika terbentuk melalui kemampuan mengoordinasikan berbagai representasi, seperti simbolik dan visual.

Temuan penelitian ini mendukung hasil penelitian Rahmawati dan Retnawati (2023) yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis GeoGebra berkontribusi signifikan terhadap peningkatan pemahaman konseptual dan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa. Selain itu, kajian sistematis oleh Fahlgren dan Brunström (2022) menyimpulkan bahwa penggunaan lingkungan geometri dinamis secara konsisten berdampak positif terhadap pemahaman konsep matematika tingkat lanjut.

Secara teoretis, hasil penelitian ini memperkuat pandangan Tall (2013) mengenai pentingnya keterkaitan antara representasi visual, simbolik, dan konseptual dalam pembelajaran matematika. GeoGebra berperan sebagai jembatan yang memungkinkan mahasiswa berpindah secara fleksibel antar representasi tersebut.

Secara pedagogis, temuan ini menegaskan bahwa pembelajaran geometri analitik berbantuan GeoGebra perlu dirancang secara sistematis dan berorientasi pada eksplorasi konsep, bukan sekadar demonstrasi visual. Hal ini sejalan dengan rekomendasi Lavicza et al. (2022) serta Santos-Trigo dan Moreno-Armella (2021) yang menekankan bahwa efektivitas teknologi dalam pembelajaran matematika sangat bergantung pada desain instruksional dan tujuan pedagogis yang jelas.

Dengan demikian, pemanfaatan GeoGebra dalam pembelajaran geometri analitik terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan visualisasi dan pemahaman konseptual mahasiswa, serta memberikan kontribusi penting bagi pengembangan pembelajaran matematika berbantuan teknologi di perguruan tinggi.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan GeoGebra dalam pembelajaran geometri analitik terbukti efektif dalam meningkatkan kemampuan visualisasi matematis dan pemahaman konseptual mahasiswa. Mahasiswa yang mengikuti pembelajaran berbantuan GeoGebra menunjukkan peningkatan kemampuan yang lebih signifikan dibandingkan dengan mahasiswa yang mengikuti pembelajaran konvensional.

Peningkatan kemampuan visualisasi matematis terlihat dari kemampuan mahasiswa dalam merepresentasikan objek geometri analitik secara lebih akurat serta memahami hubungan antara persamaan aljabar dan representasi geometrisnya. Sementara itu, peningkatan pemahaman konseptual tercermin dari kemampuan mahasiswa dalam menjelaskan makna konsep, mengaitkan berbagai representasi matematis, dan tidak sekadar bergantung pada prosedur perhitungan simbolik.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa GeoGebra tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu visual, tetapi juga sebagai media yang mendukung proses pembentukan konsep matematika secara lebih aktif dan bermakna. Dengan penggunaan yang terintegrasi dalam pembelajaran, GeoGebra dapat membantu mahasiswa memahami konsep geometri analitik dengan lebih mudah.

Berdasarkan temuan penelitian ini, dosen disarankan untuk memanfaatkan GeoGebra secara lebih sistematis dalam pembelajaran geometri analitik guna meningkatkan keterlibatan dan pemahaman mahasiswa. Selain itu, penelitian selanjutnya dapat mengembangkan penggunaan GeoGebra pada materi matematika lainnya atau mengkaji pengaruhnya terhadap



aspek afektif, seperti motivasi belajar, minat belajar, dan kepercayaan diri matematis mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Arbain, N., & Shukor, N. A. (2015). The effects of GeoGebra on students' achievement in transformation geometry. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 172, 208–214. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.356>
- Bakar, K. A., Ayub, A. F. M., & Tarmizi, R. A. (2021). Effect of GeoGebra-assisted learning on students' conceptual understanding and visual thinking in mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 52(5), 691–708. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1819570>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (5th ed.). Sage Publications.
- Duval, R. (2006). A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 61(1–2), 103–131. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-0400-z>
- Fahlgren, M., & Brunström, M. (2022). Dynamic geometry environments and students' conceptual understanding: A systematic review. *Educational Studies in Mathematics*, 110(2), 305–328. <https://doi.org/10.1007/s10649-022-10122-4>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). Sage Publications.
- Fraenkel, J. R., Wallen, N. E., & Hyun, H. H. (2012). *How to design and evaluate research in education* (8th ed.). McGraw-Hill.
- Hamid, A. (2025). Deskripsi Kesalahan Pengoperasian Bentuk Aljabar Berdasarkan Gaya Belajar Visual. *EQUALS: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika*, 8(1), 1-15. <https://doi.org/10.46918/equals.v8i1.2620>
- Hidayat, W., & Sariningsih, R. (2021). The use of GeoGebra to improve students' mathematical visualization ability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918, 012042. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/1/012042>
- Hohenwarter, M., & Fuchs, K. (2004). Combination of dynamic geometry, algebra, and calculus in the software system GeoGebra. In *Proceedings of the International Conference on Technology in Mathematics Teaching* (pp. 1–6). Pécs, Hungary.
- Lavicza, Z., Hohenwarter, M., Jones, K., & Lu, A. (2022). Integrating GeoGebra into university mathematics teaching: Challenges and opportunities. *ZDM–Mathematics Education*, 54(5), 1059–1073. <https://doi.org/10.1007/s11858-022-01376-9>
- Rahman, M. S., Hamid, A., & Asmaun, A. (2025). Mengoptimalkan Kompetensi Strategis Siswa Melalui Pemanfaatan Geogebra dan Disposisi Produktif: Meningkatkan



Pembelajaran Matematika di Era Digital. Proximal: Jurnal Penelitian Matematika dan Pendidikan Matematika, 8(2), 588-602.

Rahmawati, N., & Retnawati, H. (2023). GeoGebra-based learning to enhance students' conceptual understanding and problem-solving skills. *Journal on Mathematics Education*, 14(2), 267–282. <https://doi.org/10.22342/jme.v14i2.19872>

Santos-Trigo, M., & Moreno-Armella, L. (2021). Technology and the reorganization of mathematical thinking. *Educational Studies in Mathematics*, 108(1–2), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10045-3>

Tall, D. (2013). *How humans learn to think mathematically: Exploring the three worlds of mathematics*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139565202>

Zengin, Y., Furkan, H., & Kutluca, T. (2012). The effect of dynamic mathematics software GeoGebra on student achievement in teaching of trigonometry. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 31, 183–187. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.038>

