

Pembelajaran *Discovery Learning* Berbantuan GeoGebra untuk Meningkatkan Pemahaman Matematis Siswa Ditinjau dari Gaya Belajar

Milda Nayla Gunawan¹, Rostina Sundayana², Tina Sri Sumartini³

^{1,2,3}Institut Pendidikan Indonesia

¹mildanayla1375@gmail.com

ABSTRAK

Rendahnya pemahaman matematis siswa yang cenderung bersifat instrumental, yaitu sekadar menghafal prosedur tanpa memahami konsepnya, menjadi tantangan utama dalam pembelajaran transformasi geometri. Penelitian ini dilakukan untuk mengukur dampak penggunaan model *discovery learning* berbantuan GeoGebra terhadap peningkatan pemahaman matematis siswa. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis apakah terdapat perbedaan peningkatan kemampuan tersebut jika ditinjau dari gaya belajar visual, auditorial, dan kinestetik siswa. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pra-eksperimen memakai rancangan *one-group pretest-posttest* dengan melibatkan 34 siswa kelas IX SMP sebagai sampel yang dipilih melalui teknik *purposive sampling*. Proses pengambilan data memanfaatkan kuesioner gaya belajar serta instrumen tes esai untuk mengukur kemampuan pemahaman matematis, yang selanjutnya dianalisis dengan uji *paired sample t-test* dan *One-Way ANOVA*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model *discovery learning* berbantuan GeoGebra efektif secara signifikan dalam meningkatkan pemahaman matematis siswa ($Sig. < 0,001$). Efektivitas ini ditunjukkan oleh kenaikan skor rata-rata dari 8,235 pada saat *pretest* menjadi 14,647 pada *posttest*, dengan peningkatan rata-rata *N-gain* yang berada pada kategori sedang. Peningkatan tersebut mencakup kemampuan memahami konsep, menghubungkan representasi, dan memberikan alasan matematis secara logis. Lebih lanjut, hasil uji ANOVA menunjukkan tidak terdapat perbedaan peningkatan pemahaman matematis yang signifikan ($Sig. = 0,317$) di antara ketiga kelompok gaya belajar. Hal ini mengindikasikan bahwa GeoGebra dalam sintaks *discovery learning* bersifat inklusif dan mampu memfasilitasi keberagaman karakteristik belajar siswa secara merata.

Kata Kunci: *Discovery Learning*; GeoGebra; Pemahaman Matematis; Gaya Belajar.

ABSTRACT

Students' low level of mathematical understanding, which is instrumental in nature as they merely memorize procedures without understanding the underlying concepts, poses a major challenge in learning geometric transformations. This research was conducted to evaluate the effectiveness of the GeoGebra-assisted *discovery learning* model in enhancing students' mathematical understanding. Furthermore, it analyzes the differences in this improvement based on visual, auditory, and kinesthetic learning styles. The method applied in this research is a pre-experimental approach using a *one-group pretest-posttest* design. The research sample involved 34 ninth-grade students determined through a *purposive sampling* technique. Data were collected through a mathematical understanding test in the form of essay questions and a learning style questionnaire, then analyzed using a *paired sample t-test* and *One-Way ANOVA*. The results demonstrate that the implementation of the GeoGebra-assisted *discovery learning* model is significantly effective in improving students' mathematical understanding ($Sig. < 0,001$). This effectiveness is evidenced by an increase in the mean score from 8.235 during the *pretest* to 14.647 in the *posttest*, yielding an average *N-gain* score within the moderate category. This improvement encompasses the ability to understand concepts, connect representations, and provide logical mathematical reasoning. Furthermore, the ANOVA results showed no significant difference ($Sig. = 0,317$) in the improvement of mathematical understanding among the three learning style groups. This indicates that the integration of GeoGebra into *discovery learning* is inclusive and capable of facilitating diverse learning characteristics equally.

Keywords: *Discovery Learning*; GeoGebra; Mathematical Understanding; Learning Styles.

PENDAHULUAN

Pemahaman matematis merupakan kompetensi esensial yang menjadi fondasi utama dalam pembelajaran matematika serta penentu berkembangnya kemampuan matematis tingkat tinggi (Giriansyah et al., 2023). Dalam penelitian ini, kompetensi tersebut diukur melalui tiga indikator utama, yaitu kemampuan memahami konsep dengan tepat, menghubungkan berbagai representasi (verbal, visual, dan simbolik), serta menjelaskan alasan matematis secara logis (Skemp, 1978). Penguasaan terhadap ketiga indikator ini sejalan dengan tuntutan kurikulum nasional melalui Capaian Pembelajaran, yang memposisikan penguasaan konsep dan representasi sebagai kemampuan awal sebelum siswa melangkah ke tahap penalaran yang lebih kompleks (BSKAP, 2025).

Meski begitu, sejumlah literatur ilmiah membuktikan bahwa penguasaan pemahaman matematis yang dimiliki peserta didik sejauh ini masih belum mencapai level maksimal, di mana siswa cenderung terjebak pada pemahaman instrumental, yaitu sekadar menguasai prosedur tanpa memahami alasan yang mendasarinya (*rules without reasons*) (Zuhara & Busriadi, 2023). Situasi tersebut membuat para peserta didik terhambat saat harus menyelesaikan berbagai permasalahan yang memerlukan pengaitan konsep atau modifikasi bentuk soal, sehingga menunjukkan bahwa pemahaman matematis sebagai fondasi belum terbentuk secara kuat. Atas dasar hal tersebut, penerapan model *discovery learning* menggunakan *software* GeoGebra diuji dalam penelitian ini sebagai upaya meningkatkan kompetensi tersebut, sekaligus menganalisis perbedaan peningkatannya ditinjau dari karakteristik gaya belajar siswa.

Salah satu materi matematika yang sangat bergantung pada pemahaman matematis adalah transformasi geometri. Materi ini menuntut siswa tidak sekadar menghafal langkah perhitungan matematis, melainkan wajib menguasai konsep pergeseran posisi, wujud, serta keterkaitan antar objek, baik melalui representasi gambar maupun simbol (Mariana et al., 2025). Pada kajian geometri transformasi yang meliputi pergeseran, pencerminan, perputaran, dan perkalian ukuran, siswa dituntut mampu menghubungkan representasi verbal, visual, dan simbolik secara simultan. Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar siswa SMP masih berada pada tahap berpikir visualisasi dasar dan analisis awal, sehingga belum mencapai tahap deduksi informal yang diharapkan dalam geometri (Salma et al., 2025). Kesulitan tersebut semakin terlihat ketika siswa dihadapkan pada tugas yang menuntut perubahan representasi, khususnya dalam mentransformasikan informasi verbal menjadi bentuk simbolik yang tepat (Samijo et al., 2023). Kondisi ini menunjukkan bahwa lemahnya pemahaman matematis berdampak langsung pada rendahnya kemampuan siswa dalam menyelesaikan permasalahan pada materi transformasi geometri.

Perbedaan tingkat pemahaman matematis siswa tidak terlepas dari karakteristik individu dalam menerima dan mengolah informasi, salah satunya melalui gaya belajar. Setiap siswa memiliki kecenderungan cara belajar yang berbeda, yaitu visual, auditorial, dan kinestetik, yang memengaruhi bagaimana mereka membangun pemahaman konsep matematika (Magdalena & Affifah, 2020). Bagi siswa dengan karakteristik belajar visual, mereka lebih mudah mengandalkan representasi spasial dan citra sehingga membutuhkan visualisasi yang jelas dan dinamis, sementara bagi siswa dengan karakteristik belajar auditorial, mereka lebih mudah menyerap konsep melalui pemaparan verbal, forum diskusi, dan proses mendengar yang memicu penalaran logis. Adapun bagi siswa dengan karakteristik belajar kinestetik, mereka memerlukan keterlibatan fisik atau aktivitas manipulatif agar dapat memahami perubahan dan hubungan antar objek secara konkret. Perbedaan karakteristik ini terbukti menghasilkan profil pemahaman matematis yang beragam pada siswa SMP (Giriansyah et al., 2023; Wati et al., 2023). Dengan demikian, penerapan strategi pembelajaran yang kurang memfasilitasi keragaman gaya belajar siswa berpotensi menyebabkan sebagian

siswa tidak memperoleh pengalaman belajar yang optimal, sehingga pemahaman matematis yang terbentuk menjadi kurang mendalam.

Solusi untuk mengatasi kendala tersebut adalah dengan menghadirkan model pembelajaran yang mampu mendorong keaktifan siswa dalam membangun pemahaman konseptual mereka. *Discovery learning* menjadi salah satu model yang dinilai sesuai, di mana pendekatan ini berfokus pada bagaimana siswa mengonstruksi dan menemukan konsep secara mandiri lewat alur pembelajaran yang terstruktur. Model ini terdiri atas beberapa sintaks utama, yaitu *stimulation*, *problem statement*, *data collection*, *data processing*, *verification*, dan *generalization*, yang dirancang untuk membimbing siswa dalam mengonstruksi pengetahuan secara mandiri (Astrilia et al., 2025). Melalui sintaks tersebut, siswa diajak untuk aktif terlibat dalam tahapan eksplorasi, pengolahan, dan pembuktian konsep matematika. Dengan demikian, model *discovery learning* berpotensi membantu siswa beralih dari pemahaman instrumental menuju pemahaman relasional, karena siswa didorong untuk memahami alasan di balik setiap konsep yang dipelajari, bukan sekadar menghafal prosedur penyelesaian.

Keberhasilan implementasi model pembelajaran tersebut tentunya harus ditunjang oleh media yang mampu memfasilitasi keberagaman gaya belajar siswa. Dalam hal ini, GeoGebra menjadi pilihan media yang sangat tepat untuk materi transformasi geometri. Aplikasi matematika dinamis ini mampu menghubungkan representasi visual, simbolik, dan numerik secara bersamaan (Yolanda et al., 2025). GeoGebra memiliki fitur visualisasi dinamis yang memungkinkan siswa mengamati perubahan objek secara langsung dan akurat, serta fitur manipulatif (*dragging*) yang mendukung eksplorasi konsep secara interaktif. Karakteristik tersebut menjadikan GeoGebra sebagai media multisensori yang mampu mengakomodasi berbagai gaya belajar siswa. Visualisasi yang ditampilkan mendukung kebutuhan siswa visual dalam memahami hubungan spasial, aktivitas manipulatif melalui *dragging* memfasilitasi siswa kinestetik dalam mengeksplorasi perubahan objek, sementara proses pengamatan dan diskusi terhadap fenomena yang ditampilkan dapat menstimulasi pemahaman siswa auditorial (Mariana et al., 2025). Selain itu, penggunaan GeoGebra juga terbukti membantu siswa dalam mengonstruksi pemahaman konsep geometri yang bersifat abstrak menjadi lebih konkret melalui eksplorasi langsung (Nurhalisa et al., 2025; Sati et al., 2024).

Integrasi antara sintaks model *discovery learning* dengan kapabilitas GeoGebra secara konseptual mampu mendukung pencapaian indikator pemahaman matematis siswa (Hermawan et al., 2023). Pada tahap *stimulation* dan *problem statement*, visualisasi dinamis yang ditampilkan melalui GeoGebra membantu siswa mengamati fenomena transformasi geometri secara langsung, sehingga memudahkan mereka dalam memahami konsep dengan tepat berdasarkan hasil pengamatan. Selanjutnya, pada tahap *data collection* dan *data processing*, aktivitas eksplorasi melalui fitur *dragging* memungkinkan siswa menghubungkan berbagai representasi matematis secara simultan, baik dalam bentuk visual (pergerakan objek), simbolik (perubahan koordinat), maupun verbal (deskripsi perubahan). Proses ini membantu siswa membangun keterkaitan antar representasi secara lebih bermakna.

Pandangan ini mengacu pada standar proses rumusan *National Council of Teachers of Mathematics* (2000), yang menggarisbawahi bahwa penggunaan alat bantu teknologi dalam pembelajaran matematika memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi visualisasi yang lebih luas sehingga memperkuat pemahaman konseptual mereka. Pada tahap *verification* dan *generalization*, siswa didorong untuk menguji dan menyimpulkan temuan mereka melalui pembuktian berbasis eksplorasi, sehingga mampu menjelaskan alasan matematis secara logis. Dengan demikian, sinergi antara model *discovery learning* dan GeoGebra tidak hanya mendukung aktivitas belajar yang interaktif, tetapi juga secara sistematis dirancang untuk menstimulasi pencapaian tiga indikator utama pemahaman matematis, yaitu menyatakan konsep, menghubungkan representasi, dan menjelaskan alasan matematis.

Sejumlah literatur terdahulu membuktikan bahwa pemanfaatan GeoGebra memiliki potensi dalam meningkatkan pencapaian akademis matematika peserta didik, akan tetapi mayoritas penelitian terdahulu baru melihat luaran pembelajaran secara umum dan belum mengukur proses terbentuknya pemahaman matematis melalui indikator yang terstruktur secara spesifik. Selain itu, implementasi GeoGebra dalam pembelajaran sering kali belum diintegrasikan secara optimal dengan sintaks model pembelajaran yang secara sistematis membimbing proses penemuan konsep. Hal ini terlihat pada penelitian Suhaifi et al. (2022) yang menemukan bahwa tidak terdapat pengaruh signifikan dari interaksi penggunaan GeoGebra dengan gaya belajar terhadap hasil belajar yang diperoleh siswa, sehingga mengindikasikan bahwa pengukuran berbasis skor akhir belum mampu merepresentasikan perubahan proses berpikir siswa secara mendalam. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang tidak hanya meninjau efektivitas penggunaan media, tetapi juga mengintegrasikannya dengan model pembelajaran yang sesuai serta mengukur pemahaman matematis melalui indikator yang lebih spesifik.

Studi ini menitikberatkan pada pengintegrasian *software* GeoGebra ke dalam sintaks *discovery learning* yang secara sistematis dirancang untuk menargetkan indikator pemahaman matematis, yaitu kemampuan memahami konsep, menghubungkan representasi, dan menjelaskan alasan matematis. Selain itu, penelitian ini mengkaji pemahaman matematis siswa secara lebih mendalam dengan meninjau perbedaannya berdasarkan gaya belajar visual, auditorial, dan kinestetik, sehingga memberikan perspektif baru dalam mengkaji efektivitas pembelajaran matematika yang tidak hanya berorientasi pada hasil akhir, tetapi juga pada kualitas proses pemahaman konsep siswa.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif dengan metode pra-eksperimen melalui rancangan *one group pretest-posttest design* (Sugiyono, 2019). Desain ini dipilih guna mendeteksi adanya kemajuan pada pemahaman matematis siswa sebagai dampak dari penerapan model *discovery learning* berbantuan GeoGebra. Selain itu, analisis juga dilakukan berdasarkan perbedaan karakteristik gaya belajar siswa sebagai variabel atribut untuk melihat variasi peningkatan pemahaman matematis. Rancangan penelitian dinyatakan sebagai:

$$O_1 - X - O_2$$

Keterangan:

O_1 : Tes kemampuan awal (*pretest*) pemahaman matematis siswa.

X : Implementasi model *discovery learning* berbantuan GeoGebra.

O_2 : Tes kemampuan akhir (*posttest*) pemahaman matematis siswa.

Penelitian dilaksanakan pada siswa kelas IX SMP pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Sebanyak 34 siswa dilibatkan sebagai sampel penelitian melalui teknik *purposive sampling*. Pemilihan ini didasarkan pada kriteria atau pertimbangan spesifik agar data yang dikumpulkan dapat merepresentasikan tujuan penelitian secara tepat (Sugiyono, 2019).

Pembelajaran transformasi geometri menggunakan model *discovery learning* berbantuan GeoGebra diposisikan sebagai variabel bebas dalam penelitian ini. Dalam penelitian ini, pemahaman matematis bertindak sebagai variabel dependen, di mana konstruksinya mengadopsi teori pemahaman relasional berdasarkan pandangan Skemp (1978), yang mencakup kemampuan memahami konsep dengan tepat, menghubungkan berbagai representasi matematis, serta menjelaskan alasan matematis secara logis. Variabel atribut dalam penelitian ini adalah gaya belajar siswa yang dikategorikan ke dalam tipe visual, auditorial, dan kinestetik (DePorter & Hernacki, 2007).

Instrumen penelitian terdiri atas tes pemahaman matematis berbentuk soal uraian dan angket gaya belajar. Penyusunan instrumen tes mengacu pada indikator pemahaman matematis serta sudah melewati uji validitas isi oleh satu orang guru matematika senior (*expert judgment*), serta diujicobakan pada kelas setara di luar sampel untuk mengukur reliabilitas sebelum digunakan (Arikunto, 2010). Sementara itu, pengumpulan data karakteristik siswa dilakukan menggunakan instrumen angket gaya belajar yang diadaptasi dari Sundayana (2016) untuk mengelompokkan siswa ke dalam kategori visual, auditorial, dan kinestetik.

Selain instrumen tes dan angket, penelitian ini juga memanfaatkan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang dirancang khusus berbasis *discovery learning*. LKPD ini berfungsi sebagai panduan taktis bagi siswa selama proses intervensi pembelajaran berlangsung. Di dalam LKPD tersebut, terdapat rangkaian instruksi terstruktur yang mengarahkan fokus pengamatan siswa terhadap visualisasi objek pada perangkat lunak GeoGebra yang ditampilkan di layar proyektor. Menurut Indriati & Siagian (2024), penggunaan LKPD berbasis *discovery learning* yang diintegrasikan dengan media GeoGebra sangat efektif membantu siswa mengorganisasi data visual secara runtun sebelum mereka menarik kesimpulan matematis mandiri.

Alur penelitian ini dimulai dari penyebaran instrumen angket gaya belajar yang bertujuan untuk mengidentifikasi kecenderungan belajar siswa secara visual, auditorial, atau kinestetik. Selanjutnya, siswa diberikan *pretest* untuk mengukur kemampuan awal pemahaman matematis pada materi transformasi geometri. Setelah pengukuran awal dilakukan, kegiatan belajar mengajar dengan model *discovery learning* berbantuan GeoGebra dilaksanakan dalam dua kali tatap muka. Begitu seluruh rangkaian perlakuan selesai, siswa dievaluasi melalui *posttest* guna menilai pencapaian akhir dari kemampuan pemahaman matematis mereka.

Data penelitian berupa skor *pretest* serta *posttest* digunakan untuk menganalisis peningkatan pemahaman matematis siswa, di mana uji asumsi berupa normalitas dan homogenitas sebaran data diterapkan terlebih dahulu sebelum analisis utama. (Irianto, 2021). Evaluasi terhadap peningkatan pemahaman matematis siswa secara utuh diukur melalui pengujian paired *sample t-test* pada taraf signifikansi 5%. Sebagai langkah antisipasi, apabila sebaran data tidak berdistribusi normal, maka prosedur *Wilcoxon signed-rank test* akan dipilih sebagai alternatif uji non-parametrik (Sugiyono, 2019).

Selanjutnya, untuk menganalisis perbedaan peningkatan pemahaman matematis berdasarkan variasi gaya belajar (visual, auditorial, kinestetik), skor *N-gain* dihitung terlebih dahulu untuk masing-masing siswa (Sundayana, 2025). Kriteria interpretasi *N-gain* disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Klasifikasi Perolehan *N-gain*

Nilai <i>N-gain</i>	Kategori
$-1,00 \leq g < 0,00$	Terjadi penurunan
$g = 0,000$	Tetap
$0,00 < g < 0,30$	Rendah
$0,30 \leq g < 0,70$	Sedang
$0,70 \leq g \leq 1,00$	Tinggi

Analisis terhadap perolehan skor *N-gain* selanjutnya diolah melalui uji *One-Way ANOVA* pada taraf signifikansi 5%. Jika hasil ANOVA menunjukkan perbedaan yang signifikan, dilakukan uji lanjutan (*post hoc*) untuk mengidentifikasi kelompok gaya belajar yang berbeda secara signifikan. Apabila asumsi ANOVA tidak terpenuhi, digunakan uji alternatif Kruskal–Wallis (Sundayana, 2025). Microsoft Excel serta program SPSS versi 27 digunakan sebagai alat bantu utama dalam memproses seluruh rangkaian analisis data tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skor pretest dan posttest digunakan sebagai instrumen untuk mengukur data pemahaman matematis siswa. Sebelum melangkah ke pengujian hipotesis, selisih dari kedua skor tersebut diuji normalitasnya terlebih dahulu guna menetapkan jenis analisis statistik yang tepat. Hasil uji menunjukkan nilai $Sig. = 0,255$ ($p > 0,05$), yang berarti sebaran data memenuhi asumsi normalitas.

Paparan mengenai deskripsi data hasil *pretest* dan *posttest* pemahaman matematis siswa disajikan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian hipotesis. Data deskriptif ini digunakan sebagai indikator awal untuk melihat potret penyebaran tingkat pemahaman peserta didik sebelum dilakukan analisis lanjutan, sebagaimana dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Statistika Deskriptif Pemahaman Matematis

Pengukuran	N	Skor Minimal	Skor Maksimal	Rata-rata	Simpangan Baku
<i>Pretest</i>	34	2	16	8,235	3,267
<i>Posttest</i>	34	9	19	14,647	2,360

Berdasarkan Tabel 2, terlihat adanya pergeseran rentang skor yang signifikan, di mana skor minimal pada saat *posttest* hampir menyamai skor rata-rata pada saat *pretest*. Selain itu, nilai standar deviasi yang mengecil menunjukkan bahwa sebaran kemampuan pemahaman matematis siswa setelah mendapatkan perlakuan menjadi lebih merata dibandingkan sebelumnya. Capaian ini menunjukkan adanya dampak positif dari model pembelajaran terpilih yang mampu memperkecil kesenjangan pemahaman antar siswa di kelas tersebut.

Kondisi ini terjadi karena visualisasi dinamis GeoGebra bertindak sebagai *scaffolding* (perancah kognitif) yang membantu siswa pada berbagai level kemampuan untuk memahami konsep transformasi yang abstrak secara bersama-sama. Sejalan dengan pandangan Yolanda et al. (2025), teknologi dinamis mampu mengonstruksi pemahaman konsep yang abstrak menjadi lebih konkret, sehingga siswa yang sebelumnya mengalami hambatan belajar dapat mengikuti alur penemuan konsep dengan lebih mudah. Dengan berkurangnya kesenjangan ini, fondasi matematis siswa menjadi lebih kokoh dan siap untuk dikembangkan menuju kemampuan matematis tingkat tinggi (Giriansyah et al., 2023).

Selanjutnya, untuk menguji signifikansi peningkatan tersebut secara statistik, pengujian hipotesis dilakukan menggunakan *paired sample t-test*. Ringkasan hasil tes dan uji signifikansi disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Tes Pemahaman Matematis

Pengukuran	Mean Difference	t	Sig. (2-tailed)
<i>Pretest</i>	6,412	-10,527	< 0,001

Berdasarkan Tabel 3, terlihat adanya peningkatan nilai rerata pemahaman matematis siswa setelah mereka mendapatkan perlakuan di kelas. Nilai signifikansi yang diperoleh menunjukkan bahwa hipotesis nol ditolak, hal tersebut mengonfirmasi bahwa efektivitas model *discovery learning* terintegrasi GeoGebra bernilai signifikan untuk menaikkan kompetensi pemahaman matematis siswa.

Meninjau efektivitas model *discovery learning* berbantuan GeoGebra, hasil olah data membuktikan bahwa penerapan strategi tersebut memiliki efek yang berarti bagi peningkatan kemampuan pemahaman matematis siswa di kelas. Peningkatan skor rata-rata menunjukkan bahwa intervensi pembelajaran ini berhasil memperkuat fondasi matematis siswa, sesuai dengan Capaian Pembelajaran (BSKAP, 2025) yang memosisikan penguasaan konsep sebagai kemampuan awal yang krusial sebelum melakukan penalaran. Hal ini memperkuat kajian sebelumnya mengenai efektivitas model *discovery learning* dalam membangun pemahaman

konseptual yang mendalam, karena memfasilitasi pelajar untuk mencari dan menemukan prinsip matematika melalui eksplorasi (Gunawan et al., 2024). Keberhasilan ini mengonfirmasi pendapat Giriansyah et al. (2023) bahwa pemahaman matematis merupakan kompetensi esensial yang menentukan berkembangnya kemampuan matematis tingkat tinggi.

Meskipun dalam implementasinya GeoGebra digunakan melalui metode demonstrasi interaktif menggunakan proyektor, visualisasi dinamis yang ditampilkan tetap mampu memfasilitasi transisi kognitif siswa dari pemahaman instrumental menuju pemahaman relasional (Skemp, 1978). Hal ini terjadi karena sintaks *discovery learning* membimbing siswa untuk memahami alasan di balik setiap prosedur transformasi geometri (*rules with reasons*), bukan sekadar menghafal langkah penyelesaian. Selaras dengan pandangan Yolanda et al. (2025), GeoGebra berperan sebagai jembatan yang mengintegrasikan representasi visual dan simbolik secara simultan, sehingga kesulitan siswa dalam mentransformasikan informasi verbal menjadi bentuk simbolik dapat diminimalisir.

Kenaikan skor pemahaman matematis ini juga dipengaruhi oleh fitur manipulatif GeoGebra yang meskipun dioperasikan secara bergantian oleh perwakilan siswa, tetap memberikan pengalaman eksploratif bagi seluruh kelas. Aktivitas pengamatan langsung terhadap perubahan objek di layar proyektor membantu siswa mencapai tahap analisis yang lebih mendalam pada materi transformasi geometri. Temuan ini sejalan dengan penelitian Sati et al. (2024) dan Nurhalisa et al. (2025) yang menegaskan bahwa eksplorasi melalui perangkat lunak matematika mampu mengonstruksi pemahaman konsep geometri yang abstrak menjadi lebih konkret dan bermakna.

Untuk melihat konsistensi peningkatan pemahaman matematis, dilakukan analisis berdasarkan gaya belajar siswa menggunakan skor *N-gain*. Sebelum uji perbedaan, dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas sebagai prasyarat. Dikarenakan hasil uji asumsi menunjukkan data *N-gain* menyebar secara normal dan bersifat homogen, maka persyaratan parametrik terpenuhi sehingga analisis dilanjutkan dengan *One-Way ANOVA*. Ringkasan deskripsi peningkatan dan hasil uji perbedaan disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Deskripsi Peningkatan (*N-gain*) Gaya Belajar

Gaya Belajar	N	Rata-rata <i>N-gain</i>	Kategori
Visual	14	0,479	Sedang
Auditori	9	0,614	Sedang
Kinestetik	11	0,492	Sedang

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa ketiga kelompok gaya belajar mengalami peningkatan pemahaman matematis yang berada pada kategori sedang. Peningkatan pemahaman matematis yang merata pada seluruh kelompok gaya belajar menunjukkan bahwa sinergi antara *discovery learning* dan GeoGebra secara sistematis menstimulasi tiga indikator utama pemahaman.

Optimalisasi pemahaman matematis siswa dalam penelitian ini juga didukung secara kuat oleh integrasi LKPD berbasis *discovery learning*. Meskipun perangkat teknologi GeoGebra dioperasikan secara kolektif melalui satu layar proyektor akibat keterbatasan sarana sekolah, keterlibatan kognitif siswa tetap terjaga secara aktif berkat panduan LKPD tersebut. Sinergi antara visualisasi dinamis GeoGebra dan pertanyaan pemantik di dalam LKPD berhasil menstimulasi rasa ingin tahu siswa dalam mengonstruksi formula geometri secara bermakna bagi seluruh kelas. Aktivitas eksplorasi terbimbing menggunakan lembar kerja ini terbukti mampu menguatkan pemahaman konsep matematika peserta didik secara terstruktur, sejalan dengan temuan Felisa & Arfinanti (2024) yang menegaskan bahwa LKPD berbasis *discovery learning* dengan bantuan GeoGebra berkontribusi besar dalam mengoptimalkan kemampuan pemahaman konsep matematika siswa.

Melalui aktivitas terbimbing menggunakan LKPD tersebut, proses pembelajaran secara bertahap mampu menstimulasi tiga indikator utama pemahaman. Pada indikator memahami konsep, visualisasi dinamis membantu siswa mengidentifikasi sifat-sifat transformasi geometri secara akurat melalui pengamatan langsung pada layar proyeksi. Selaras dengan apa yang diungkapkan Hermawan et al. (2023) bahwa bantuan teknologi memungkinkan siswa mengeksplorasi visualisasi yang lebih luas sehingga memperkuat pemahaman konseptual.

Selanjutnya, pada indikator menghubungkan representasi, penggunaan GeoGebra mempermudah siswa mengaitkan bentuk visual objek dengan perubahan koordinat simboliknya secara simultan. Kemampuan ini sangat krusial mengingat banyak siswa SMP sering mengalami kesulitan dalam mentransformasikan informasi verbal menjadi bentuk simbolik yang tepat (Samijo et al., 2023). Terakhir, pada tahap *verification* dan *generalization*, siswa didorong untuk memberikan alasan matematis secara logis terhadap hasil eksplorasi mereka. Dengan memahami proses perubahan objek secara dinamis, siswa tidak lagi terjebak pada pemahaman instrumental, melainkan mampu menjelaskan "mengapa" suatu prosedur dilakukan, yang merupakan inti dari pemahaman relasional (Skemp, 1978). Selanjutnya, hasil uji perbedaan peningkatan antar kelompok disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji *One-Way* ANOVA

Sumber Variasi	F	Sig.
Antar Kelompok Gaya Belajar	1,193	0,317

Merujuk pada data di Tabel 5, luaran analisis *One-Way ANOVA* mengindikasikan bahwa variasi gaya belajar (visual, auditorial, dan kinestetik) tidak menimbulkan perbedaan capaian yang berarti pada peningkatan pemahaman matematis siswa. Hasil ini memberikan petunjuk bahwa pemanfaatan *discovery learning* berbantuan GeoGebra mampu memberikan dampak positif secara merata serta akomodatif bagi keberagaman karakteristik belajar peserta didik.

Tidak adanya perbedaan peningkatan yang signifikan ini bukan menunjukkan kelemahan model, melainkan mengonfirmasi bahwa visualisasi dinamis GeoGebra berhasil menyeimbangkan modalitas belajar siswa. Siswa kinestetik dan auditori yang biasanya tertinggal dalam materi geometri abstrak, mampu mengejar pemahaman mereka hingga setara dengan siswa visual melalui bantuan manipulasi objek dan diskusi kelompok. Dengan demikian, perlakuan yang berpusat pada satu proyektor kolektif ini tidak menciptakan diskriminasi kognitif, melainkan bertindak sebagai penyamata rata (*equalizer*) pembelajaran di kelas. Hal ini sejalan dengan argumen Mariana et al. (2025) bahwa GeoGebra merupakan media multisensori yang mampu mengakomodasi keberagaman gaya belajar melalui integrasi visualisasi dinamis dan aktivitas eksplorasi. Lebih lanjut, temuan ini juga memperkuat penelitian Sundayana (2016) mengenai karakteristik siswa SMP, yang menegaskan bahwa melalui pengelolaan kelas eksploratif yang tepat, variasi gaya belajar bukan merupakan hambatan melainkan modalitas yang dapat diakomodasi untuk mencapai hasil kemampuan matematis yang optimal.

Meskipun dalam penelitian ini GeoGebra ditampilkan melalui proyeksi kolektif, kebutuhan setiap tipe belajar tetap terfasilitasi dengan baik. Siswa visual terbantu oleh representasi spasial yang akurat pada layar proyektor, sementara siswa auditorial membangun pemahaman melalui proses diskusi dan penjelasan logis selama sintaks *verification* dan *generalization* berlangsung (Astrilia et al., 2025). Di sisi lain, keterlibatan perwakilan siswa dalam mengoperasikan fitur *dragging* di depan kelas memberikan pengalaman konkret yang menstimulasi pemahaman bagi siswa kinestetik. Konsistensi peningkatan pada ketiga kelompok ini membuktikan bahwa integrasi teknologi mampu

meminimalisir kesenjangan pemahaman yang seringkali muncul akibat perbedaan cara mengolah informasi (Magdalena & Affifah, 2020).

Secara umum, hasil penelitian ini membawa kontribusi nyata bagi dunia pendidikan matematika di sekolah menengah, khususnya dalam merumuskan strategi untuk menjembatani masalah rendahnya pemahaman konsep pada materi geometri. Temuan ini mengonfirmasi bahwa kombinasi *discovery learning* berbantuan GeoGebra layak dijadikan opsi strategis yang efektif, sekalipun prosesnya berjalan di bawah keterbatasan sarana prasarana teknologi, seperti penggunaan satu perangkat proyektor untuk seluruh kelas. Hal ini menunjukkan bahwa peran media dinamis bukan hanya sebagai alat bantu visual, melainkan sebagai instrumen kognitif yang memicu keterlibatan aktif siswa. Sejalan dengan BSKAP (2025), pendekatan ini mendukung terciptanya pembelajaran yang berorientasi pada proses konstruksi pengetahuan, sehingga siswa memiliki fondasi yang kuat untuk jenjang kemampuan matematis berikutnya. Lebih lanjut, sifat inklusif dari model ini terhadap berbagai gaya belajar memfasilitasi para guru untuk membangun ekosistem pembelajaran yang responsif serta mampu menyetarakan kebutuhan seluruh siswa di kelas.

PENUTUP

Merujuk pada temuan empiris serta analisis yang telah dipaparkan, diperoleh kesimpulan bahwa pemanfaatan model *discovery learning* berbasis GeoGebra membawa pengaruh yang signifikan terhadap kenaikan pemahaman matematis siswa pada materi transformasi geometri. Peningkatan ini ditandai dengan perubahan pemahaman siswa dari tingkat instrumental menuju pemahaman relasional, di mana siswa mampu menguasai konsep, menghubungkan berbagai representasi, dan menjelaskan alasan matematis secara logis. Selain itu, penelitian ini membuktikan bahwa capaian peningkatan pemahaman matematis peserta didik cenderung merata pada tipe belajar visual, auditorial, maupun kinestetik tanpa adanya perbedaan yang berarti. Kondisi ini mencerminkan bahwa integrasi teknologi dinamis dalam sintaks pembelajaran eksploratif bersifat inklusif dan mampu memfasilitasi keberagaman karakteristik belajar siswa secara merata.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki keterbatasan karena menggunakan desain pra-eksperimen satu kelompok tanpa adanya kelas kontrol, sehingga faktor eksternal di luar perlakuan belum dapat dikendalikan sepenuhnya. Dengan demikian, penarikan kesimpulan secara luas dari temuan studi ini perlu diterapkan dengan penuh kecermatan. Sebagai langkah pengembangan, integrasi media perangkat lunak dinamis dapat dijadikan alternatif dalam memfasilitasi materi matematika dengan abstraksi tinggi lainnya. Selain itu, pengembangan perangkat pembelajaran yang lebih terstruktur antara sintaks model eksploratif dan fitur teknologi serta penelitian lanjutan pada variabel kemampuan matematis lainnya diharapkan dapat terus memperkaya upaya optimalisasi kualitas pembelajaran matematika.

UCAPAN TERIMAKASIH

Apresiasi dan terima kasih yang mendalam penulis sampaikan kepada Kepala Sekolah, guru matematika, serta segenap siswa kelas IX di salah satu SMP Negeri di Garut atas pemberian izin, dukungan fasilitas, serta kerja sama yang luar biasa selama pengumpulan data penelitian.

REFERENSI

- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.
- Astrilia, I. A. K. C., Wibawa, K. A., & Wulandari, I. G. A. P. A. (2025). Pembelajaran *Discovery Learning* Berbantuan GeoGebra untuk Meningkatkan Pemahaman Matematis Siswa pada Materi Bangun Ruang Sisi Lengkung Kelas IX-4 SMP Negeri 7 Denpasar. *Jurnal*

- Pembelajaran Dan Pengembangan Matematika (PEMANTIK)*, 5(1), 55–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.36733/pemantik.v5i1.11378>
- Badan Standar Kurikulum dan Asesmen Pendidikan. (2025). Capaian Pembelajaran pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, dan Jenjang Pendidikan Menengah.
- DePorter, B., & Hernacki, M. (2007). *Quantum Learning: Membiasakan Belajar Nyaman dan Menyenangkan*. Kaifa.
- Felisa, D. I., & Arfinanti, N. (2024). Pengembangan LKPD Berbasis *Discovery Learning* Terintegrasi Eksplorasi GeoGebra untuk Memfasilitasi Kemampuan Pemahaman Konsep Matematika Peserta Didik Kelas XI. *Jurnal Ilmiah Matematika Dan Pendidikan Matematika (JMP)*, 16(2), 147–168.
- Giriansyah, F. E., Pujiastuti, H., & Ihsanudin. (2023). Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa Berdasarkan Teori Skemp Ditinjau dari Gaya Belajar. *Jurnal Cendekia: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 751–765. <https://doi.org/10.31004/cendekia.v6i3.1515>
- Gunawan, M. N., Sukmana, D. A., & Sumartini, T. S. (2024). Pengaruh Modul Bangun Ruang Sisi Lengkung Berbasis *Discovery Learning* dan Kooperatif pada Siswa Kelas IX. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Matematika: PowerMathEdu*, 3(3), 313–325. <https://doi.org/10.31980/pme.v3i3.2395>
- Hermawan, V., Anggiana, A. D., & Rahman, T. (2023). Peningkatan Kemampuan Pemahaman Konsep Siswa SMA Melalui Model *Discovery Learning* Berbantuan Geogebra. *Symmetry: Pasundan Journal of Research in Mathematics Learning and Education*, 8(1), 128–137. <https://doi.org/10.23969/symmetry.v8i1.9451>
- Indriati, N. M., & Siagian, P. (2024). Pengembangan LKPD Berbasis *Guided Discovery Learning* Berbantuan GeoGebra untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Kelas XI. *Koordinat Jurnal Pembelajaran Matematika Dan Sains*, 5(1), 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.24239/koordinat.v5i1.88>
- Irianto, A. (2021). Statistik Untuk Ilmu Sosial: Aplikasi Untuk Ilmu-Ilmu Sosial. Kencana.
- Magdalena, I., & Affifah, A. N. (2020). Identifikasi Gaya Belajar Siswa (Visual, Auditorial, Kinestetik). *PENSA: Jurnal Pendidikan Dan Ilmu Sosial*, 2(1), 1–8. <https://ejournal.stitpn.ac.id/index.php/pensa>
- Mariana, Khairani, P., & Aulia, R. (2025). Kajian Literatur tentang Penerapan Aplikasi GeoGebra dalam Pembelajaran Transformasi Geometri Siswa SLTA Sederajat. *Bilangan: Jurnal Ilmiah Matematika, Kebumihan Dan Angkasa*, 3(3), 215–225. <https://doi.org/10.62383/bilangan.v3i3.613>
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*.
- Nurhalisa, S., Sirwanti, S., & Paronda, N. (2025). Efektivitas Penggunaan GeoGebra untuk Membantu Siswa SMP Memahami Konsep Bangun Ruang. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Matematika Sekolah (JP2MS)*, 9(1), 138–144. <https://doi.org/10.33369/jp2ms.9.1.138-144>
- Salma, N. H., Arcdyan, Z. H., Maryono, I., & Rizqiyani, R. (2025). Tahap Berpikir Geometri Siswa berdasarkan Teori Van Hiele dalam Konteks Bangun Ruang Sisi Datar. *Gunung Djati Conference Series: Mathematics Education on Research*, 54, 75. <https://conferences.uinsgd.ac.id/>
- Samijo, Santia, I., & Jatmiko. (2023). Analisis Kesalahan Translasi Matematis dari Representasi Verbal menuju Representasi Simbolik. *PTK: Jurnal Tindakan Kelas*, 4(1), 192–202. <https://doi.org/10.53624/ptk.v4i1.312>
- Sati, L., Firdaus, R., & Herpratiwi. (2024). Efektivitas Penggunaan *Software* GeoGebra dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Geometri pada Siswa di Sekolah Dasar.

- DIDAKTIKA*, 4(4), 404–414.
<https://doi.org/https://doi.org/10.17509/didaktika.v4i4.76704>
- Skemp, R. R. (1978). *Relational Understanding and Instrumental Understanding*. *The Arithmetic Teacher*, 26(3), 9–15.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Suhaifi, A., Ruffi'i, & Karyono, H. (2022). Pengaruh Penggunaan Aplikasi Geogebra terhadap Hasil Belajar Matematika. *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 8(2), 220–230.
- Sundayana, R. (2016). Kaitan antara Gaya Belajar, Kemandirian Belajar, dan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa SMP dalam Pelajaran Matematika. *Jurnal Pendidikan Matematika STKIP Garut*, 5(2), 75–84.
- Sundayana, R. (2025). *Statistika Penelitian Pendidikan*. Alfabeta.
- Wati, D. K., Saragih, S., Suanto, E., & Roza, Y. (2023). Analisis Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa Ditinjau dari Gaya Belajar pada Materi Bangun Ruang Sisi Lengkung. *PRISMA*, 12(2), 425–435. <https://doi.org/10.35194/jp.v12i2.3154>
- Yolanda, N. S., Fitri, Y., Refnywidialistuti, Perdana, D. N., Mulia, V. S., & Suriani, T. (2025). Aplikasi Geogebra dalam Pembelajaran Transformasi Geometri. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Riset Pendidikan*, 4(1), 2240–2243. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i1.1964>
- Zuhara, N., & Busriadi. (2023). Peningkatan Kemampuan Pemahaman Matematis Siswa Melalui Model Pembelajaran *Accelerated Learning* Berbantuan Teori *Multiple Intelligences*. *NUR EL-ISLAM: Jurnal Pendidikan Dan Sosial Keagamaan*, 10(1), 139–164. <https://doi.org/10.51311/nuris.v10i1.517>