

PENGEMBANGAN MODUL BERBASIS MASALAH BERBANTUAN *SOFTWARE* GEOGEBRA UNTUK MENINGKATKAN PEMAHAMAN KONSEP DAN HASIL BELAJAR GEOMETRI TRANSFORMASI

Dwi Livia Oktaviana ^{*1)}, Tatag Yuli Eko Siswono ²⁾, Tri Dyah Prastiti ³⁾, M. Ulul Albab ⁴⁾

1. Magister Pendidikan Matematika, Program Pascasarjana, Universitas Terbuka, Indonesia
2. Pendidikan Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia
3. Magister Pendidikan Matematika, Program Pascasarjana, Universitas Terbuka, Indonesia
4. Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Islam Lamongan, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: GeoGebra; Geometri Transformasi; Hasil Belajar; Modul; Pemahaman Konsep

Keywords: GeoGebra; Geometric Transformation; Learning Outcomes; Module; Conceptual Understanding

Article history:

Received 2 July 2025

Revised 10 August 2025

Accepted 15 August 2025

Available online 1 September 2025

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jipi.v10i3.8527>

* Corresponding author.

Corresponding Author

E-mail address:

dwiliviaoktaviana01@gmail.com

ABSTRAK

Dalam Penelitian ini dilatarbelakangi oleh rendahnya pemahaman konsep geometri transformasi pada peserta didik, hal ini membutuhkan inovasi pembelajaran berbasis teknologi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan modul pembelajaran matematika berbasis masalah yang didukung GeoGebra guna meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik. Penelitian ini menggunakan metode pengembangan ADDIE dengan subjek peserta didik kelas XI dan XII di MA Matholi'ul Anwar. Data dikumpulkan melalui lembar validasi ahli, angket respons peserta didik, *pretest*, *posttest*, dan observasi. Hasil validasi modul menunjukkan bahwa modul sangat valid dengan skor 3,68, dan respons peserta didik menunjukkan kepuasan tinggi (89,77% untuk kelas A dan 94,38% untuk kelas B). Analisis N-Gain menunjukkan peningkatan pemahaman konsep yang signifikan dengan nilai N-Gain 0,72 untuk kelas A dan 0,71 untuk kelas B. Kesimpulannya, modul berbasis GeoGebra efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik pada materi geometri transformasi.

ABSTRACT

This study is motivated by the low conceptual understanding of transformation geometry among students, which requires technological-based learning innovations. The aim of this study is to develop a problem-based mathematics module supported by GeoGebra to improve students' conceptual understanding and learning outcomes. The study uses the ADDIE development model with participants from grade XI and XII students at MA Matholi'ul Anwar. Data were collected through expert validation sheets, student response questionnaires, pretests, posttests, and observations. The results of module validation showed that the module was highly valid with a score of 3.68, and student responses indicated high satisfaction (89.77% for class A and 94.38% for class B). N-Gain analysis showed a significant improvement in conceptual understanding, with N-Gain values of 0.72 for class A and 0.71 for class B. In conclusion, the GeoGebra-based module is effective in improving students' conceptual understanding and learning outcomes in transformation geometry.

I. PENDAHULUAN

Pendidikan di era kontemporer abad ke-21 menghadapi tantangan yang sangat besar seiring dengan pesatnya kemajuan sains dan teknologi. Kemajuan ini berperan sebagai pendorong utama dalam revolusi industri 4.0, yang menuntut sistem pendidikan untuk beradaptasi agar mampu menghasilkan sumber daya manusia yang kompetitif dan siap menghadapi perubahan global[1]. Sistem pendidikan yang efisien dan adaptif sangat diperlukan untuk meningkatkan kualitas kompetensi generasi muda, khususnya dalam bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM)[2]. Di negara Indonesia, meskipun sistem pendidikan terus berkembang, kompetensi matematika peserta didik masih berada pada tingkat yang memprihatinkan[3]. Berdasarkan data dari TIMSS 2019, Indonesia menempati peringkat ke-6 terbawah dengan skor rata-rata 379, yang jelas berada jauh di bawah standar internasional yang seharusnya mencapai angka 500[4]. Angka ini menunjukkan adanya kesenjangan yang signifikan dalam pembelajaran matematika di Indonesia, sebuah isu yang harus segera

diatasi, terlebih dengan adanya ancaman disrupsi teknologi yang dapat memperlebar kesenjangan pendidikan global.

Matematika, sebagai dasar perkembangan teknologi informasi dan komunikasi memiliki peran yang penting. Namun, banyak peserta didik di Indonesia maupun secara global, masih mengalami kecemasan terhadap pembelajaran matematika, terutama pada materi abstrak dan konseptual[5]. Sekitar 65% pelajar di dunia merasa cemas saat belajar matematika, yang menghambat pemahaman peserta didik terutama dalam topik kompleks seperti geometri transformasi, meskipun pemahaman konseptual sangat penting untuk menyelesaikan masalah matematika dan meningkatkan hasil belajar.

Penerapan metode pembelajaran konvensional sering kali terbukti belum dapat mengakomodir keberagaman pengetahuan dan kebutuhan dari peserta didik generasi masa kini. Kecenderungan pendekatan dalam pembelajaran konvensional secara satu arah yang berarti bahwa penyampaian informasi pengetahuan dari seorang guru untuk peserta didik tetapi kurang sering terjadi interaksi yang mengakibatkan peserta didik menjadi tidak aktif dan tidak banyak terlibat dalam kegiatan pembelajaran[6]. Pengalaman keterlibatan peserta didik yang terbatas tersebut menjadikan minat dan motivasi peserta didik terhadap materi pelajaran seperti geometri transformasi menurun dan menghalangi keterampilan kritis dan analitis. Peserta didik masa kini mempunyai akses yang sangat melimpah terhadap informasi maupun sumber belajar apapun sehingga pendekatan pembelajaran konvensional sangat tidak relevan[7]. Membiasakan partisipasi aktif dan mengakomodasi beragam kesukaan belajar dari peserta didik agar kegiatan pembelajaran tambah menarik dan efektif membutuhkan adanya metode pembelajaran yang inovatif[8]. Untuk mengatasi masalah tersebut, perlu integrasi teknologi yang salah satunya adalah penggunaan *software* GeoGebra, yang dapat memperkaya pengalaman belajar peserta didik[9]. *Software* GeoGebra memungkinkan peserta didik memahami konsep matematika secara visual dan praktis, terutama dalam geometri transformasi[10]. Pendekatan berbasis masalah dengan teknologi diharapkan dapat meningkatkan pemahaman dan minat peserta didik terhadap matematika.

Geometri transformasi mempelajari posisi yang mengalami perubahan gambar maupun nilai matriks[11]. Memahami geometri transformasi memberikan kemungkinan untuk memperdalam bernalar secara geometris, bervisual secara spasial, berargumen secara bukti matematis[12]. Geometri transformasi termasuk bagian topik dari cabang matematika geometri. Pembelajaran tentang geometri termuat dalam bahan ajar pelajaran matematika pada setiap jenjang sekolah mulai dari tingkat dasar, menengah, hingga perguruan tinggi. Geometri dapat berintegrasi secara konseptual dengan bidang-bidang matematika yang lain. Geometri berperan sangat luas untuk dipelajari[13], memiliki banyak keterkaitan dengan konteks bentuk secara visual di dunia nyata[14], dan memberikan pengetahuan natural awal bagi peserta didik[15].

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penggunaan teknologi dalam pendidikan dapat meningkatkan motivasi dan hasil belajar peserta didik secara signifikan[16]. Integrasi teknologi dalam pembelajaran STEM mampu mempercepat pencapaian kompetensi peserta didik. Selain itu, penggunaan perangkat lunak seperti GeoGebra dalam pembelajaran geometri transformasi juga telah terbukti meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan matematika peserta didik[17]. Namun, meskipun teknologi menawarkan banyak manfaat, tantangan terbesar yang dihadapi dalam pembelajaran matematika adalah kurangnya penerapan prinsip-prinsip konstruktivisme yang mendorong peserta didik untuk mengonstruksi pengetahuan mereka secara aktif. Dalam hal ini, pendekatan berbasis masalah yang memungkinkan peserta didik untuk belajar secara mandiri dengan bimbingan minimal dari guru menjadi sangat penting[18].

Pemanfaatan GeoGebra dengan konten geometri transformasi berbantuan media daring memberikan tingkat kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan dengan persentasi melebihi 85% pada saat diterapkan kepada peserta didik di tingkat sekolah menengah atas[19]. Dukungan GeoGebra dalam pengembangan bahan ajar pada materi geometri transformasi terbukti praktis dan cocok melihat nilai sangat valid dari ahli media dan ahli materi serta terpenuhinya kategori kepraktisan[20]. Terdapat perbedaan rata-rata hasil belajar antara peserta didik memakai GeoGebra dengan peserta didik yang tidak menggunakannya. Peserta didik menggunakan GeoGebra mendapat rata-rata hasil belajar lebih baik dalam menyelesaikan persoalan turunan matematika[21][22]. Hasil analisa literatur review menunjukkan penerapan GeoGebra untuk pembelajaran materi geometri transformasi tingkat sekolah menengah atas berdampak baik secara kognitif, afektif, dan teknis. GeoGebra menambah pemahaman konsep, motivasi belajar, dan hasil belajar dengan strategi pengembangan modul dengan pembelajaran berbasis masalah[23].

Penelitian ini bertujuan mengembangkan modul pembelajaran matematika berbasis masalah yang menggunakan *software* GeoGebra untuk meningkatkan pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik pada materi geometri transformasi. Modul ini dilengkapi dengan masalah relevan yang merangsang peserta didik untuk berpikir kritis dan menyelesaikan masalah secara mandiri. Penelitian ini juga bertujuan menguji kelayakan modul dari segi validitas, efektivitas, dan praktikalitas. Tujuan akhirnya adalah untuk menilai sejauh mana modul ini dapat meningkatkan pemahaman konseptual dan hasil belajar peserta didik.

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengembangkan modul matematika berbasis masalah dengan *software* GeoGebra pada materi geometri transformasi dan menganalisis kelayakan, efektivitas, serta dampaknya terhadap pemahaman konsep dan hasil belajar peserta didik. Diharapkan modul ini dapat meningkatkan pemahaman mereka dalam geometri transformasi, sehingga mendukung pengembangan keterampilan matematika yang berguna dalam kehidupan sehari-hari.

II. METODE PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation*)[24]. Model ini dipilih karena fleksibilitasnya dalam pengembangan produk pembelajaran[25]. Penelitian ini mengembangkan modul pembelajaran matematika berbasis masalah yang menggunakan *software* GeoGebra untuk materi geometri transformasi. Setiap tahap pengembangan dengan model ADDIE digunakan untuk merancang, mengembangkan, dan mengevaluasi modul secara sistematis.

Tahap *analysis* sebagai tahap awal dalam rancangan penelitian. Implementasi modul baru membutuhkan analisis guna mendapat informasi tentang kelayakan dari modul yang akan digunakan. Analisis yang diterapkan meliputi analisis kebutuhan, analisis kurikulum, dan analisis karakteristik peserta didik.

Tahap *design* sebagai dasar yang penting dalam pengembangan modul. Tahap ini berisi rincian kegiatan yang sistematis yaitu merumuskan tujuan pembelajaran yang spesifik, menyusun skenario proses pembelajaran, mengkombinasikan perangkat pendukung pembelajaran, membuat bahan ajar terstruktur, dan mengkonstruksi instrumen evaluasi yang valid. Tahap ini masih termasuk dalam tataran konseptual sebagai acuan dalam tahap pengembangan selanjutnya.

Tahap *development* merupakan fase transformasi dari desain konseptual ke produk nyata. Wujud dari tahap ini berupa prototipe fungsional yang berdasar kerangka teoritis dan sudah melewati proses tahap-tahap sebelumnya. Prototipe modul membutuhkan revisi dan validasi oleh para ahli termasuk ahli media, ahli materi, dan praktisi atau guru matematika. Para ahli tersebut memberikan penilaian atas kelayakan dari modul yang dikembangkan.

Tahap *implementasi* merupakan fase operasionalisasi produk pembelajaran modul dalam pengaturan kelas yang aktual. Tahap ini melalui empat kegiatan. Pertama, desain pengembangan modul diaplikasikan dalam konteks nyata. Kedua, pendekatan atau metode baru diuji dalam kondisi pembelajaran sebenarnya. Ketiga, pengamatan yang sistematis terhadap proses implementasi. Keempat, informasi data awal yang diperoleh untuk evaluasi formatif guna penyempurnaan produk.

Tahap *evaluation* dalam proses pengembangan modul ini dilakukan dalam dua bentuk, yaitu evaluasi formatif pada saat setiap akhir pertemuan tatap muka dan evaluasi sumatif pada saat akhir semester. Hasil dari kedua evaluasi dipakai sebagai acuan memberikan umpan balik kepada pengguna modul yang dikembangkan. Apabila terdapat kekurangan atau kebutuhan yang belum terpenuhi, maka perlu adanya revisi sesuai hasil evaluasi tersebut.

B. Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas XI dan XII di MA Matholi'ul Anwar Karanggeneng, Lamongan, yang mempelajari materi geometri transformasi. Sampel penelitian terdiri dari dua kelas, kelas XII TI 2 (37 peserta didik) dan kelas XI TI 1 (35 peserta didik), yang dipilih secara *purposive* berdasarkan observasi awal yang menunjukkan kesulitan dalam memahami materi dan belum menggunakan *software* GeoGebra dalam pembelajaran. Informasi yang diperoleh saat penelitian khususnya tahap analisis kebutuhan pengembangan modul menunjukkan bahwa karakteristik peserta didik teridentifikasi memperoleh hasil belajar yang rendah pada materi geometri transformasi dengan bukti dari hasil pengisian angket peserta didik. Temuan tersebut menjadi permasalahan utama yang disebabkan oleh keterbatasan bahan ajar yang sesuai dengan era teknologi saat ini.

Hasil belajar peserta didik yang rendah tersebut disebabkan oleh keberagaman rumus pada setiap submateri dalam geometri transformasi, yang menuntut peserta didik untuk menghafal dan membedakan masing-masing rumus tersebut. Temuan ini diperkuat oleh hasil survei pra-penelitian melalui pemberian tes diagnostik untuk mengukur kemampuan awal peserta didik dalam menyelesaikan soal-soal geometri transformasi. Hasil tes menunjukkan bahwa nilai rata-rata peserta didik kelas A adalah 42,56, yang berada di bawah Kriteria Ketuntasan Minimal (KKM) untuk kelas XII, yaitu 75. Sementara itu, nilai rata-rata kelas B sebesar 42,14 juga lebih rendah dari KKM kelas XI, yaitu 72. Selain itu, proses pembelajaran di kelas menunjukkan bahwa bahan ajar yang umumnya digunakan peserta didik terbatas pada Lembar Kerja Siswa (LKS).

C. Teknik Pengumpulan Data dan Pengembangan Instrumen

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan kombinasi beberapa instrumen, yakni:

- 1) *Lembar Validasi Ahli*: Untuk menilai kelayakan modul yang dikembangkan, dua dosen ahli materi dan satu ahli media pembelajaran mengevaluasi kelayakan isi, penyajian, bahasa, kegrafikan, dan penggunaan *software* GeoGebra.
- 2) *Angket Respon Peserta didik*: Digunakan Mengukur respons peserta didik terhadap modul, termasuk kejelasan visual, penyajian materi, penggunaan *software* GeoGebra, dan pemahaman konsep.
- 3) *Pretest dan Posttest*: Untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep peserta didik pada materi geometri transformasi.
- 4) *Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran*: Mengamati implementasi modul di kelas dan tingkat keterlibatan peserta didik dalam pembelajaran.

Instrumen ini dirancang untuk memastikan data yang diperoleh menggambarkan efektivitas modul.

D. Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan metode kuantitatif serta pendekatan deskriptif kualitatif. Lembar validasi ahli dan angket respon peserta didik dianalisis untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan modul serta menerima masukan untuk perbaikan[26]. Pengujian validitas instrumen meliputi lembar validasi ahli termasuk ahli materi, ahli media, dan praktisi, angket respon peserta didik, soal *pretest* dan *posttest*, dan lembar keterlaksanaan pembelajaran. Hasil perhitungan uji kevalidan menggunakan rumus[27].

$$M = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{A}_i}{n} \quad (1)$$

Keterangan:

- M : Validitas keseluruhan aspek
 \bar{A}_i : Rata-rata aspek ke - i
 n : Banyaknya aspek

Instrumen *pretest* dan *posttest* diukur realibilitasnya untuk menunjukkan bahwa instrumen tersebut memiliki nilai tingkat kepercayaan sebagai alat pengambil data dan dapat dipertanggungjawabkan secara akademik. Rumus realibilitas instrumen mengambil nilai *Alpha Cronbach* berdasar pada[28].

$$r_{11} = \left(\frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum \sigma_{b^2}}{\sigma_{t^2}} \right) \right) \quad (2)$$

Keterangan:

- r_{11} : Reliabilitas instrumen
 k : Banyaknya butir pernyataan
 $\sum \sigma_{b^2}$: Jumlah varian butir
 σ_{t^2} : Varian total

Data *pretest* dan *posttest* dianalisis dengan rumus N-Gain untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta didik. Uji *t-test* digunakan untuk menguji signifikansi perbedaan antara *pretest* dan *posttest*[29]. Analisis dilakukan menggunakan SPSS atau Ms. *Excel* untuk menghitung rata-rata, deviasi standar, dan uji-t, untuk mengevaluasi efektivitas modul.

E. Pengecekan Keabsahan Hasil Penelitian

Keabsahan hasil penelitian diperoleh melalui beberapa langkah pengecekan, seperti:

1. *Pengecekan oleh Ahli*: Modul yang dikembangkan divalidasi oleh beberapa ahli, termasuk ahli materi dan ahli media, untuk memastikan kualitasnya.
2. *Uji Coba Produk*: Uji coba terbatas dilakukan untuk melihat keterlaksanaan pembelajaran menggunakan modul di kelas nyata[30]. Evaluasi dari peserta didik dan pengamat memberikan gambaran mengenai keberhasilan

implementasi modul dalam konteks pembelajaran[31]. Selain itu juga, meliputi angket respons peserta didik, *pretest*, dan *posttest* untuk memastikan kesahihan hasil. Penelitian ini juga dilaksanakan dalam waktu tertentu, yaitu selama 3 bulan, dari pengembangan modul hingga pelaksanaan uji coba dan analisis hasilnya.

III. HASIL

Pada bagian ini, disajikan hasil utama yang diperoleh dalam penelitian ini, yaitu hasil pengembangan dan pengujian modul matematika berbasis masalah yang didukung oleh *software* GeoGebra untuk materi geometri transformasi. Hasil yang disajikan meliputi validitas modul, respons peserta didik terhadap modul, peningkatan pemahaman konsep, serta analisis terhadap implementasi modul dalam pembelajaran.

A. Hasil Validitas Modul

Validasi modul dilakukan oleh beberapa ahli, yaitu ahli materi, ahli media, serta guru yang berkompeten di bidangnya. Proses validasi mengukur kelayakan isi, penyajian, bahasa, kegrafikan, dan penggunaan *software* GeoGebra dalam modul yang dikembangkan. Tabel I menunjukkan hasil validasi modul berdasarkan aspek-aspek yang dinilai.

TABEL I
HASIL VALIDASI MODUL

Aspek	Skor Rata-Rata	Kriteria Validasi
Kelayakan Isi	3,67	Sangat Valid
Penyajian	4,00	Sangat Valid
Bahasa	3,625	Sangat Valid
Kegrafikan	3,64	Sangat Valid
GeoGebra	3,60	Sangat Valid
Rata-Rata Keseluruhan	3,68	Sangat Valid

Hasil validasi menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan memenuhi standar kelayakan yang tinggi, dengan rata-rata skor keseluruhan mencapai 3,68, yang termasuk dalam kategori *Sangat Valid*.

B. Hasil Respons Peserta Didik

Setelah penggunaan modul dalam pembelajaran, angket respons peserta didik diberikan untuk menilai sejauh mana peserta didik merasa modul ini membantu mereka dalam memahami materi geometri transformasi. Angket ini mengukur beberapa aspek, seperti kejelasan visual, penyajian materi, penggunaan *software* GeoGebra, dan kemampuan pemahaman konsep peserta didik.

TABEL II
HASIL ANGKET RESPON PESERTA DIDIK KELAS A

Aspek	Rata-Rata Skor
Kejelasan Visual	90,67
Penyajian Materi	89,45
Kebahasaan	90,99
Pemanfaatan GeoGebra	91,24
Kemampuan Pemahaman Konsep	88,97
Rata-Rata Keseluruhan	89,99

TABEL III
HASIL ANGKET RESPON PESERTA DIDIK KELAS B

Aspek	Rata-Rata Skor
Kejelasan Visual	91,25
Penyajian Materi	90,75
Kebahasaan	91,80
Pemanfaatan GeoGebra	92,50
Kemampuan Pemahaman Konsep	89,20
Rata-Rata Keseluruhan	94,38

Tabel II dan tabel III merupakan Hasil angket menunjukkan bahwa peserta didik memberikan respons yang sangat positif terhadap penggunaan modul, dengan rata-rata skor keseluruhan sebesar 89,77 untuk kelas A dan 94,38 untuk

kelas B. Hal ini menunjukkan bahwa peserta didik merasa modul berbasis *software* GeoGebra sangat membantu dalam proses pembelajaran materi geometri transformasi.

C. Peningkatan Pemahaman Konsep

Untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep peserta didik, dilakukan *pretest* sebelum penggunaan modul dan *posttest* setelah pembelajaran menggunakan modul. Soal *pretest* dan *posttest* diberikan kepada dua kelas. Kelas pertama yang disebut dengan kelas A merupakan kelas XII TI 2 MA Matholi'ul Anwar dan kelas kedua atau kelas B adalah kelas XI TI 1 MA Matholi'ul Anwar. Hasil nilai *pretest* kelas A berada dalam rentang 12,5 hingga 75 dengan nilai rata-ratanya sebesar 42,57. Peserta didik dalam kelas A berdasar dari nilai *pretest* menunjukkan bahwa peserta didik sebagian belum memahami materi geometri transformasi secara optimal. Hasil nilai *posttest* kelas A memiliki rentang 62,5 sampai 100 dengan nilai rata-ratanya sebesar 82,77. Adanya peningkatan hasil belajar untuk nilai *posttest* setelah peserta didik menggunakan modul berbasis masalah berbantuan GeoGebra.

Uji coba di kelas B untuk hasil nilai *pretest* berada dalam rentang 0 hingga 75 dengan nilai rata-rata sebesar 42,14. Nilai-nilai tersebut mengindikasikan bahwa kemampuan awal peserta didik kelas B terhadap materi geometri transformasi belum optimal. Hasil nilai *posttest* kelas B berkisar antara 62,5 hingga 100 dengan nilai rata-rata 83,21 setelah peserta didik diberikan intervensi pembelajaran berupa penerapan modul berbasis masalah berbantuan GeoGebra.

Tidak ada perbedaan yang signifikan antara kelas A dan kelas B dalam semua hasil *pretest* maupun *posttest*. Kedua kelas memiliki tingkat pemahaman awal saat *pretest* maupun tingkat pemahaman akhir setelah *posttest* yang relatif sama. Selisih nilai rata-rata kelas A dengan kelas B saat *pretest* sebesar 0,44 sedangkan selisih nilai rata-rata kelas A dengan kelas B saat *posttest* sebesar 0,98. Kelas B menunjukkan variasi rentang nilai yang lebih besar dibandingkan dari kelas A.

Analisis gain ternormalisasi menunjukkan bahwa penggunaan modul berbasis *software* GeoGebra memberikan peningkatan yang signifikan dalam pemahaman konsep peserta didik. Tabel IV menunjukkan hasil perhitungan N-Gain untuk kedua kelas.

TABEL IV
HASIL ANALISIS N-GAIN

Kelas	Rata-Rata N-Gain	Kategori
Kelas A	0,70	Tinggi
Kelas B	0,71	Tinggi

Nilai selisih N-Gain kelas A dan kelas B sebesar 0,01 yang bernilai kecil dan tidak signifikan. Dengan rata-rata N-Gain 0,70 untuk kelas A dan 0,71 untuk kelas B, keduanya menunjukkan peningkatan yang tinggi dalam pemahaman konsep. Ini menandakan bahwa modul berbasis *software* GeoGebra efektif dalam meningkatkan pemahaman konsep materi geometri transformasi. Tingkat kelas tidak mempengaruhi efektivitas modul berbasis masalah berbantuan GeoGebra dalam pemahaman materi geometri transformasi.

Selain menggunakan N-gain skor, uji untuk perbandingan nilai *posttest* menggunakan *t-Test Two Sample Assuming Equal Variances*. Berdasarkan data yang diperoleh, $t_{hitung} > t_{tabel}$ atau nilai $p \leq \alpha$, yaitu $p = 1,0433^{-21}$ untuk kelas A dan $p = 8,1982^{-18}$ untuk kelas B sehingga H_0 ditolak dan H_1 diterima, artinya terdapat perbedaan signifikan rata-rata skor sebelum dan sesudah menggunakan modul.

D. Implementasi Pembelajaran

Modul yang dikembangkan diimplementasikan dalam pembelajaran di kelas, dan pengamatan dilakukan untuk menilai keterlaksanaan pembelajaran. Hasil observasi menunjukkan bahwa proses pembelajaran berjalan dengan sangat baik, sesuai dengan rencana yang telah disusun.

IV. PEMBAHASAN

Pada bagian ini, pembahasan difokuskan untuk menjawab rumusan masalah yang diajukan dalam penelitian, menginterpretasi hasil temuan, serta menghubungkannya dengan teori-teori yang relevan. Berdasarkan temuan-temuan yang telah dijelaskan dalam bagian hasil, berikut adalah analisis yang mendalam mengenai efektivitas modul pembelajaran matematika berbasis masalah yang didukung oleh *software* GeoGebra dalam meningkatkan pemahaman konsep materi geometri transformasi.

A. Pengembangan dan Pengujian Efektivitas Modul

Rumusan masalah penelitian ini berfokus pada pengembangan dan pengujian efektivitas modul berbasis masalah dengan *software* GeoGebra untuk meningkatkan pemahaman konsep geometri transformasi. Pendekatan berbasis masalah memungkinkan peserta didik aktif memecahkan masalah matematika dan memvisualisasikan konsep geometri secara interaktif, memperkuat pemahaman peserta didik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa modul ini efektif, terbukti dengan peningkatan signifikan antara skor *pretest* dan *posttest* serta N-Gain yang tinggi.

Terdapat beberapa tantangan yang perlu diperhatikan meskipun modul yang dikembangkan efektif, seperti keterbatasan perangkat teknologi, kurangnya keterampilan guru dalam menggunakan GeoGebra secara optimal, dan belum terbiasanya literasi digital peserta didik. Keterbiasaan dari peserta didik cenderung terbiasa menggunakan rumus secara langsung dalam proses pembelajaran matematika. Pengaruhnya terhadap pemanfaatan GeoGebra sebagai media pembelajaran untuk memperkuat pemahaman konsep belum dapat dimaksimalkan secara optimal oleh peserta didik. Tantangan melalui pihak guru terkait belum optimal mengembangkan panduan pembelajaran dengan menggunakan GeoGebra di kelas. Tantangan implementasi modul di lapangan untuk perangkat teknologi belum mengintegrasikan GeoGebra dengan platform pembelajaran online agar peserta didik dapat belajar secara mandiri di luar jam pelajaran.

Nilai N-Gain yang tinggi tidak lepas dari adanya faktor-faktor yang dapat mempengaruhinya. Pengaruh dari bahan ajar yang digunakan oleh peserta didik termasuk diantaranya. Peserta didik dari kedua kelas mengungkapkan dalam angket bahwa bahan ajar yang digunakan tidak menggunakan program aplikasi apapun sebelumnya dan tidak memfasilitasi kemampuan matematis apapun. Peserta didik dari kedua kelas telah menggunakan modul yang dikembangkan dalam uji coba modul selama enam pertemuan. Lima dari enam pertemuan tersebut peserta didik dari kedua kelas mengenal aplikasi GeoGebra, menyelesaikan soal-soal transformasi geometri menggunakan GeoGebra disertai dengan pemberian modul yang berisi panduannya, dan kesempatan belajar secara mandiri dengan mencoba soal-soal geometri transformasi yang ada pada modul sub bab untuk diselesaikan.

B. Interpretasi Temuan Penelitian

Beberapa temuan penting dalam penelitian ini, antara lain:

1. *Modul sangat valid dan layak digunakan*: Hasil validasi dari para ahli menunjukkan bahwa modul memiliki kualitas yang sangat baik dalam hal kelayakan isi, penyajian, bahasa, kegrafikan, dan integrasi *software* GeoGebra. Modul ini dirancang dengan cermat untuk memastikan bahwa materi geometri transformasi dapat dipahami dengan mudah oleh peserta didik melalui visualisasi yang disediakan oleh *software* GeoGebra. ...
2. *Respons peserta didik sangat positif*: Berdasarkan angket respons peserta didik, mayoritas merasa modul ini sangat membantu pembelajaran, dengan *software* GeoGebra yang memudahkan visualisasi dan eksplorasi konsep matematika. Respons positif ini menunjukkan peserta didik lebih terlibat dan tertarik dalam pembelajaran.
3. *Peningkatan yang signifikan dalam pemahaman konsep*: Berdasarkan hasil N-Gain dan analisis *pretest-posttest*, terdapat peningkatan signifikan dalam pemahaman konsep peserta didik. Rata-rata N-Gain yang tinggi menunjukkan dampak positif penggunaan *software* GeoGebra. Hal ini membuktikan bahwa *software* GeoGebra efektif dalam membantu peserta didik memahami geometri transformasi.

C. Integrasi Hasil Penelitian terhadap Teori

Penelitian ini berkontribusi pada perkembangan teori pembelajaran matematika, khususnya dalam penerapan teknologi untuk geometri. Teori Problem-Based Learning (PBL) dapat dimodifikasi dengan integrasi *software* GeoGebra untuk memperkaya pengalaman belajar. PBL yang fokus pada pemecahan masalah kontekstual bisa dipadukan dengan teknologi untuk menciptakan pembelajaran yang lebih interaktif. Hal ini meningkatkan efektivitas pembelajaran matematika bagi peserta didik.

Selain itu, penelitian ini juga mendukung *teori kognitif konstruktivisme* yang menyatakan bahwa pembelajaran yang efektif terjadi ketika peserta didik aktif terlibat dalam membangun pengetahuan mereka sendiri. Dengan bantuan *software* GeoGebra, peserta didik dapat memvisualisasikan proses transformasi geometri dan memanipulasi objek matematika secara langsung, yang memperkuat pemahaman mereka melalui pengalaman langsung. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa *software* GeoGebra berfungsi sebagai alat untuk memfasilitasi pembelajaran berbasis konstruktivisme dalam konteks materi matematika.

Penelitian ini juga memperkuat *teori teknologi pendidikan* yang menekankan pentingnya pemanfaatan *software* interaktif dalam pembelajaran untuk meningkatkan kualitas pemahaman peserta didik. *Software* GeoGebra, sebagai alat bantu visualisasi matematika, tidak hanya membuat pembelajaran menjadi lebih menarik tetapi juga memungkinkan peserta didik untuk mengeksplorasi dan memahami konsep-konsep matematika yang lebih kompleks dengan cara yang lebih intuitif.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa modul pembelajaran berbasis masalah dengan *software* GeoGebra efektif meningkatkan pemahaman konsep geometri transformasi. Hasil validasi modul menunjukkan kualitas yang sangat baik, dengan skor rata-rata yang sangat valid. Peningkatan signifikan dalam pemahaman konsep terukur melalui analisis N-Gain, menunjukkan efektivitas modul.

Software GeoGebra membantu peserta didik memvisualisasikan konsep geometri yang abstrak, meningkatkan keterlibatan mereka dalam pembelajaran. Hal ini mempercepat pemahaman materi yang sebelumnya sulit dipahami. Penelitian ini juga memperkaya teori pembelajaran berbasis masalah (PBL) dengan mengintegrasikan teknologi.

Secara keseluruhan, modul ini efektif dalam meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap geometri transformasi. Modul ini juga menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan aplikatif. Penggunaan modul ini dapat diperluas pada mata pelajaran matematika lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. J. Cantú-Ortiz, N. Galeano Sánchez, L. Garrido, et al., "An Artificial Intelligence Educational Strategy for the Digital Transformation," *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJDeM)*, vol. 14, no. 4, pp. 1195–1209, Dec. 2020, doi: 10.1007/s12008-020-00702-8.
- [2] B. Mayer, A. Blume, C. Black, et al., "Improving Student Learning Outcomes through Community-Based Research: The Poverty Workshop," *Teach Sociol*, vol. 47, no. 2, pp. 135–147, Apr. 2019, doi: 10.1177/0092055X18818251.
- [3] N. P. W. P. Dewi and G. N. S. Agustika, "Efektivitas Pembelajaran Matematika melalui Pendekatan PMRI terhadap Kompetensi Pengetahuan Matematika," *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, vol. 4, no. 2, p. 204, Jul. 2020, doi: 10.23887/jppp.v4i2.26781.
- [4] M. A. Tashtoush, Y. Wardat, F. Aloufi, et al., "The Effect of a Training Program Based on TIMSS to developing the Levels of Habits of Mind and Mathematical Reasoning Skills among Pre-service Mathematics Teachers," *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 18, no. 11, p. em2182, Oct. 2022, doi: 10.29333/ejmste/12557.
- [5] R. Arifa, B. H. Febria, and Moh. A. Rofiqi, "Upaya Guru Kelas dalam Mengatasi Kesulitan Belajar Matematika (Diskalkulia) pada Siswa Kelas V SDN Gunggung 1," *Solusi: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 1, no. 1, pp. 29–44, Jun. 2025.
- [6] A. S. Sunar, S. White, N. A. Abdullah, et al., "How Learners' Interactions Sustain Engagement: A MOOC Case Study," *IEEE Transactions on Learning Technologies*, vol. 10, no. 4, pp. 475–487, Oct. 2017, doi: 10.1109/TLT.2016.2633268.
- [7] S. Wheeler, *Learning with 'e's: Educational Theory and Practice in the Digital Age*. Carmarthen: Crown House, 2015.
- [8] A. C. Dixit, H. B. A. B. C, et al., "Innovative Pedagogical Approaches for Diverse Learning Styles and Student-Centric Learning," *Journal of Engineering Education Transformations*, vol. 37, no. SP, pp. 178–188, Jan. 2024.
- [9] A. N. A. R. Warsito and M. Yasin, "Transformasi Digital dalam Pendidikan Matematika untuk Literasi Abad 21: Pendekatan STEM dan Keterampilan 6C," Malang, 2024.
- [10] F. Rindi and Y. Yahfizham, "Systematic Literature Review: Pemanfaatan Aplikasi GeoGebra Pada Materi Transformasi Geometri," *International Journal of Mathematics and Science Education*, vol. 1, no. 2, pp. 01–11, May 2024, doi: 10.62951/ijmse.v1i2.17.
- [11] S. A. Rahman, E. Elsa, L. Fatimah, et al., "Etnomatematika: Eksplorasi Konsep Geometri Transformasi pada Bangunan Ikonik Kota Soreang," *Journal of Authentic Research on Mathematics Education (JARME)*, vol. 4, no. 2, pp. 217–233, Jul. 2022.
- [12] I. U. Albab, Y. Hartono, and D. Darmawijoyo, "Kemajuan Belajar Siswa pada Geometri Transformasi Menggunakan Aktivitas Refleksi Geometri," *Jurnal Cakrawala Pendidikan*, vol. 3, no. 3, Oct. 2014, doi: 10.21831/cp.v3i3.2378.
- [13] R. Paradesa, "Pengembangan Bahan Ajar Geometri Transformasi Berbasis Visual," *Jurnal Pendidikan Matematika RAFA*, vol. 2, no. 1, Sep. 2016.
- [14] S. Susanto and A. Mahmudi, "Tahap Berpikir Geometri Siswa SMP Berdasarkan Teori Van Hiele Ditinjau dari Keterampilan Geometri," *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, vol. 8, no. 1, pp. 106–116, Sep. 2021, doi: 10.21831/jrpm.v8i1.17044.
- [15] E. Swoboda and P. Vighi, *Early Geometrical Thinking in the Environment of Patterns, Mosaics and Isometries*. Gewerbesrasse 11 Cham: Springer International Publishing, 2016.
- [16] J. R. Star, J. A. Chen, M. W. Taylor, et al., "Studying Technology-Based Strategies for Enhancing Motivation in Mathematics," *Int J STEM Educ*, vol. 1, no. 1, p. 7, Dec. 2014, doi: 10.1186/2196-7822-1-7.
- [17] D. F. Diva et al., "Pentingnya Pemahaman Konsep GeoGebra dalam Pembelajaran Matematika," *Journal on Education*, vol. 5, no. 3, pp. 8441–8446, Feb. 2023, doi: 10.31004/joe.v5i3.1629.
- [18] S. Suprihatiningsih and P. Annurwanda, "Pengembangan Modul Matematika Berbasis Masalah pada Materi Sistem Persamaan Linear Dua Variabel," *Jurnal Karya Pendidikan Matematika*, vol. 6, no. 1, pp. 57–63, Apr. 2019, doi: 10.26714/jkpm.6.1.2019.57-63.
- [19] K. Wasi, "Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Interaktif Berbantuan Software GeoGebra pada Materi Transformasi Geometri Kelas XI SMA," *Humantech : Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, vol. 1, no. 12, pp. 1897–1906, Oct. 2022.
- [20] S. Masliah, H. Hendriana, and R. Purwasih, "Pengembangan Bahan Ajar Berbantuan GeoGebra pada Materi Transformasi Geometri," *JPMI – Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, vol. 6, no. 4, pp. 1587–1598, Jul. 2023.
- [21] S. Wahyuni, N. Sutriningsih, and S. Rahayu, "Penerapan Media GeoGebra pada Pembelajaran Matematika," *Cartesian: Jurnal Pendidikan Matematika*, vol. 2, no. 2, pp. 234–240, Apr. 2023, doi: 10.33752/cartesian.v2i2.3508.
- [22] A. Andriyati, I. Kamila, and E. Rohaeti, "Pelatihan GeoGebra Dalam Upaya Peningkatan Kemampuan Materi Turunan Bagi Siswa Madrasah Aliyah Al-Falak Kota Bogor," *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 5, no. 2, pp. 1300–1307, Apr. 2024, doi: 10.31949/jb.v5i2.8408.
- [23] M. Mariana, P. Khairani, and R. Aulia, "Kajian Literatur tentang Penerapan Aplikasi GeoGebra dalam Pembelajaran Transformasi Geometri Siswa SLTA Sederajat," *Bilangan : Jurnal Ilmiah Matematika, Kebumihan dan Angkasa*, vol. 3, no. 3, pp. 215–225, May 2025.
- [24] R. Andi and R. Rismayanti, "Penerapan Model ADDIE dalam Pengembangan Media Pembelajaran di SMPN 22 Kota Samarinda," *JURNAL FASILKOM*, vol. 11, no. 2, pp. 57–60, Aug. 2021, doi: 10.37859/jf.v11i2.2546.
- [25] B. Taupik, Y. Ruhiat, and I. Rusdiyani, "Pengembangan E-LKPD Interaktif Berbasis Liveworksheet Pada Materi Volume Bangun Ruang," *JMPM: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, vol. 9, no. 1, pp. 30–42, Mar. 2024, doi: 10.26594/jmpm.v9i1.3615.
- [26] H. T. McGinness, P. H. Y. Caldwell, H. Gunasekera, et al., "An Educational Intervention to increase Student Engagement in Feedback," *Med Teach*, vol. 42, no. 11, pp. 1289–1297, Nov. 2020, doi: 10.1080/0142159X.2020.1804055.
- [27] N. Arsyad, *Model Pembelajaran Menumbuhkembangkan Kemampuan Metakognitif*. Makassar: Pustaka Refleksi, 2016.
- [28] P. Purwanto, *Evaluasi Hasil Belajar*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2010.

- [29] B. C. E. Oguguo, F. A. Nannim, J. J. Agah, et al., "Effect of Learning Management System on Student's Performance in Educational Measurement and Evaluation," *Educ Inf Technol (Dordr)*, vol. 26, no. 2, pp. 1471–1483, Mar. 2021, doi: 10.1007/s10639-020-10318-w.
- [30] S. McLean, S. M. Attardi, L. Faden, et al., "Flipped Classrooms and Student Learning: Not just Surface Gains," *Adv Physiol Educ*, vol. 40, no. 1, pp. 47–55, Mar. 2016, doi: 10.1152/advan.00098.2015.
- [31] L. Chandran, M. E. Gusic, J. L. Lane, et al., "Designing a National Longitudinal Faculty Development Curriculum Focused on Educational Scholarship: Process, Outcomes, and Lessons Learned," *Teach Learn Med*, vol. 29, no. 3, pp. 337–350, Jul. 2017, doi: 10.1080/10401334.2017.1282370.