

Pengembangan pembelajaran matematika berbantuan geogebra dalam geometri untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis: implikasi teoritis dan praktis

Trisno Saluni | Supandi Hidayat | Sekar Budi Aminah

How to cite : Saluni, T., Hidayat, S., & Aminah, S. B. (2024). Pengembangan Pembelajaran Matematika Berbantuan GeoGebra dalam Geometri untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis: Implikasi Teoritis dan Praktis. International Journal of Progressive Mathematics Education, 4(1), 32–47. <https://doi.org/10.22236/ijopme.v4i1.11475>

To link to this article : <https://doi.org/10.22236/ijopme.v4i1.11475>



©2025. The Author(s). This open access article is distributed under a Creative Commons Attribution (CC BY-SA) 4.0 license.



Published Online on 10 Juni, 2024



Submit your paper to this journal [↗](#)



View Crossmark data [↗](#)



Pengembangan pembelajaran matematika berbantuan geogebra dalam geometri untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis: implikasi teoritis dan praktis

Trisno Saluni¹, Supandi Hidayat², Sekar Budi Aminah²

¹ Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Mulawarman, Kota Samarinda, Kalimantan Timur 75117, Indonesia

² Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tanjungpura, Kota Samarinda Kalimantan Barat 78124, Indonesia

*Corresponding author. Jl. Prof. Dr. H. JI. Profesor Dokter H. Hadari Nawawi, Bansir Laut, Kota Pontianak, Kalimantan Barat 78124

E-mail: trisno.39@gmail.com¹⁾
suphdyt88@gmail.com²⁾
sekarbdamn@gmail.com³⁾

Received: 21 Maret 2023

Accepted: 16 Mei 2024

Published Online: 10 Juni 2024

Abstract

Purpose: This study aims to describe the investigation process of plane geometry and evaluate the effectiveness of GeoGebra in enhancing critical thinking skills and overcoming cognitive barriers in minimum triangle perimeter problems.

Design/methodology/approach: A qualitative descriptive approach was employed involving 26 undergraduate mathematics education students at the University of Bengkulu. Data were gathered through investigative performance tasks (paper-pencil and GeoGebra-based) and an 18-item response questionnaire covering cognitive, psychomotor, and affective domains. **Findings:** GeoGebra significantly reduced problem-solving time from 120 minutes (via inaccurate manual methods) to 30 minutes with precise logical argumentation. Students demonstrated mastery of dynamic construction features, although 60% required guidance in establishing systematic initial strategies. **Practical implications:** These findings offer operational strategies for educators to integrate dynamic technology as scaffolding to mitigate mathematics anxiety and foster student learning autonomy. **Originality/value:** This study contributes uniquely by providing a comparative analysis of cognitive efficiency between manual and digital methods in complex geometry investigation tasks within higher education.

Keywords: Critical Thinking, GeoGebra, Mathematics Education, Mathematical Investigation, Plane Geometry.

Abstrak

Purpose: Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan proses investigasi geometri bidang dan mengevaluasi efektivitas penggunaan GeoGebra dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis serta memecahkan hambatan kognitif pada masalah keliling segitiga minimum. **Design/methodology/approach:** Menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan subjek 26 mahasiswa S1 Pendidikan Matematika Universitas Bengkulu. Data dikumpulkan melalui unjuk kinerja investigasi (metode tulis-tangan dan GeoGebra) serta angket respon 18 item yang mencakup aspek kognitif, psikomotorik, dan afektif. **Findings:** GeoGebra secara signifikan mereduksi waktu penyelesaian masalah dari 120 menit (metode manual yang tidak akurat) menjadi 30 menit dengan argumentasi logis yang tepat. Mahasiswa menunjukkan penguasaan fitur konstruksi dinamis meski 60% masih memerlukan bimbingan dalam menentukan strategi awal yang sistematis. **Practical implications:** Hasil ini memberikan strategi operasional bagi pendidik untuk mengintegrasikan teknologi dinamis sebagai perancah (*scaffolding*) guna menurunkan kecemasan matematika dan meningkatkan kemandirian belajar mahasiswa. **Originality/value:** Studi ini memberikan kontribusi unik melalui analisis perbandingan efisiensi kognitif antara metode manual dan digital dalam tugas investigasi geometri kompleks pada tingkat pendidikan tinggi.

Kata Kunci: Berpikir Kritis, Geometri Bidang, GeoGebra, Investigasi Matematis, Pendidikan Matematika.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution \(CC BY-SA\) 4.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) Internasional License.

PENDAHULUAN

Pendidikan matematika di era modern menuntut pergeseran paradigma dari penguasaan prosedural menuju pemahaman konseptual yang mendalam. Geometri, sebagai salah satu cabang utama matematika, sering kali dianggap sulit oleh siswa karena sifatnya yang abstrak dan membutuhkan visualisasi spasial yang kuat. Tantangan ini diperumit oleh fakta bahwa keberhasilan akademik dalam bidang sains dan matematika dipengaruhi oleh berbagai faktor kompleks, termasuk lingkungan belajar dan metode pengajaran yang digunakan (Beyessa, 2014). Pengetahuan subjek dan reformasi pendidikan yang tepat menjadi kunci utama dalam menjembatani pemahaman siswa terhadap materi yang dianggap sulit tersebut.

Dalam sepuluh tahun terakhir, kajian mengenai integrasi teknologi dalam pembelajaran geometri telah berkembang pesat. *State of the art* menunjukkan bahwa penggunaan perangkat lunak matematika dinamis seperti GeoGebra telah terbukti efektif dalam meningkatkan prestasi belajar siswa pada materi geometri koordinat (Saha et al., 2010), trigonometri (Zengin et al., 2012), hingga konsep kalkulus yang kompleks (Tatar & Zengin, 2016). Penelitian terbaru juga mengonfirmasi bahwa GeoGebra mampu meningkatkan retensi dan pemahaman konseptual siswa kelas delapan secara signifikan (Birgin & Uzun Yazıcı, 2021). Selain itu, GeoGebra telah diimplementasikan dalam berbagai tingkat pendidikan, mulai dari pengenalan luas dan keliling di sekolah dasar (Putra et al., 2021) hingga pembelajaran limit di tingkat universitas yang dipandu oleh teori APOS (Baye et al., 2021). Perangkat lunak ini dinilai lebih unggul dibandingkan alat bantu lainnya karena kemampuannya memfasilitasi visualisasi dua dimensi dan tiga dimensi secara interaktif (Ismail & Rahman, 2017).

Meskipun efektivitas GeoGebra dalam meningkatkan hasil belajar kognitif telah banyak didokumentasikan, terdapat *gap analysis* yang menunjukkan bahwa fokus pada pengembangan kemampuan berpikir kritis secara spesifik masih memerlukan eksplorasi lebih lanjut. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih menekankan pada prestasi akademik umum (Acharya, 2020) atau penurunan tingkat kecemasan matematika melalui penggunaan teknologi (Idris, 2006). Terdapat kebutuhan mendesak untuk melihat bagaimana lingkungan belajar kolaboratif yang didukung teknologi dapat mengasah penalaran matematis siswa secara lebih mendalam (Demir & Zengin, 2023). Selain itu, banyak hambatan pembelajaran muncul akibat kurangnya penerapan teori konstruktivisme dalam pembelajaran daring maupun luring (Roslani & Nuriadin, 2022), serta masih rendahnya kemampuan pemecahan masalah siswa pada materi-materi eksponensial maupun geometri (Nada & Prasetyo Aji, 2022).

Permasalahan mendasar di lapangan menunjukkan adanya kesenjangan antara

kemampuan berpikir kreatif siswa dengan tuntutan kurikulum (Saida et al., 2021). Banyak siswa mengalami kesulitan belajar karena rendahnya kemandirian belajar (Kurniasih et al., 2021) serta adanya kontribusi negatif dari kecemasan matematika terhadap kemampuan penalaran (Maesya Firdaus et al., 2021). Fakta di lapangan menunjukkan bahwa guru sering kali menghadapi kendala dalam menerapkan metode pembelajaran aktif (Teshome, 2012) dan kesulitan dalam mengidentifikasi hambatan belajar spesifik siswa (Yanti et al., 2022). Tanpa intervensi yang tepat, level berpikir geometris siswa akan tetap berada pada tingkatan rendah, yang menghambat kemampuan mereka dalam melakukan pembuktian atau penalaran deduktif (Dimla, 2018; Tutkun & Ozturk, 2013).

Solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan mengembangkan model pembelajaran matematika berbantuan GeoGebra yang diintegrasikan dengan pendekatan inkuiri terbimbing (*guided inquiry*) atau pembelajaran berbasis masalah (*problem-based learning*). Integrasi teknologi ini harus didasarkan pada prinsip interaksi sosial Vygotsky mengenai *Zone of Proximal Development* dan teori konstruktivisme (Tynjälä, 1999). Melalui tugas-tugas kolaboratif, siswa dapat saling mengelaborasi pengetahuan konseptual mereka (Van Boxtel et al., 2000). Penggunaan metode *guided discovery learning* juga dihipotesiskan dapat meningkatkan keaktifan siswa (Budi Lestari et al., 2022) serta memotivasi mereka melalui lingkungan belajar yang kaya teknologi (Selvy et al., 2020). Meskipun terdapat tantangan dan keterbatasan dalam penggunaan GeoGebra (Wassie & Zergaw, 2019), potensi perangkat lunak ini dalam menciptakan pembelajaran yang berpusat pada siswa tetap sangat besar jika dibandingkan dengan perangkat lunak lain seperti Cabri 3D (Suparman, 2021).

Tujuan dari artikel ini adalah untuk mendeskripsikan pengembangan pembelajaran matematika berbantuan GeoGebra dalam geometri serta menganalisis implikasi teoritis dan praktisnya terhadap peningkatan kemampuan berpikir kritis siswa. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi bagaimana integrasi teknologi dapat memperbaiki sikap calon guru terhadap geometri (Eshetu et al., 2023) dan menyempurnakan rencana pelaksanaan pembelajaran dalam kerangka pendidikan STEM (Ceylan & Ozdilek, 2015). Hasil yang diharapkan adalah terciptanya sebuah model pembelajaran yang mampu memfasilitasi transisi dari pengetahuan prosedural ke pengetahuan konseptual yang bermakna bagi siswa (Özpınar & Arslan, 2022).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk mendeskripsikan proses pengembangan dan implikasi pembelajaran geometri berbantuan GeoGebra secara

mendalam. Tahapan penelitian dilaksanakan secara sistematis, dimulai dari fase persiapan berupa penyusunan masalah investigasi geometri bidang, dilanjutkan dengan fase pelaksanaan di mana subjek melakukan investigasi menggunakan metode *paper-pencil based* dan program GeoGebra, serta diakhiri dengan fase evaluasi untuk menilai hasil unjuk kinerja dan respon subjek. Rancangan ini difokuskan pada eksplorasi kemampuan berpikir kritis siswa melalui aktivitas investigasi matematis yang terstruktur.

Subjek, Lokasi, dan Sampel

Subjek dalam penelitian ini adalah mahasiswa S1 Pendidikan Matematika Universitas Bengkulu yang berjumlah **26 orang**. Penelitian dilaksanakan di lingkungan kampus Universitas Bengkulu dengan waktu pengambilan data yang dilakukan pada bulan September 2016. Penentuan subjek ini didasarkan pada pertimbangan bahwa mahasiswa calon guru matematika perlu memiliki pengalaman langsung dalam mengintegrasikan teknologi dinamis seperti GeoGebra untuk memecahkan masalah geometri bidang yang kompleks.

Materi Penelitian

Materi yang menjadi fokus dalam investigasi ini adalah **Geometri Bidang**, yang mencakup tiga masalah utama yang menuntut penalaran dan eksplorasi visual. Materi ini dipilih karena karakteristik geometri bidang sangat relevan dengan fitur-fitur konstruksi dinamis pada GeoGebra, sehingga memungkinkan subjek untuk melakukan pengamatan, pengukuran, dan pembuktian secara lebih fleksibel dibandingkan metode konvensional. Melalui masalah investigasi ini, subjek didorong untuk mengonstruksi pemahaman mereka terhadap sifat-sifat geometris secara mandiri.

Instrumen Penelitian dan Validasi

Instrumen penelitian yang digunakan terdiri dari lembar masalah investigasi geometri bidang dan angket respon mahasiswa yang berisi 18 item pertanyaan. Instrumen investigasi dirancang untuk mengukur tiga aspek utama, yaitu aspek kognitif (pemahaman masalah dan penarikan kesimpulan), aspek psikomotorik (proses konstruksi berbantuan GeoGebra), dan aspek afektif (kemandirian dalam investigasi). Angket respon dikembangkan berdasarkan kemampuan pemecahan masalah yang mencakup aktivitas sebelum, selama, dan setelah menjawab permasalahan, serta teknik yang digunakan. Validasi instrumen dilakukan melalui tinjauan sejawat dan penggunaan rubrik penilaian yang konsisten untuk menjamin reliabilitas data kualitatif yang diperoleh (Tavakol & Dennick, 2011).

Teknis Pengumpulan Data

Teknis pengumpulan data dilakukan melalui unjuk kinerja investigasi dan pengisian angket. Data pertama berupa hasil pekerjaan mahasiswa dalam menyelesaikan tiga masalah geometri bidang menggunakan metode tulis-tangan (*paper-pencil*) serta pemanfaatan perangkat lunak GeoGebra untuk melihat proses konstruksi dinamis. Data kedua berupa jawaban angket respon yang diberikan kepada mahasiswa setelah rangkaian proses investigasi selesai. Kedua teknik ini bertujuan untuk mendapatkan gambaran komprehensif mengenai kemampuan berpikir kritis mahasiswa baik dari sisi proses pengerjaan maupun persepsi subjektif mereka terhadap metode yang diterapkan.

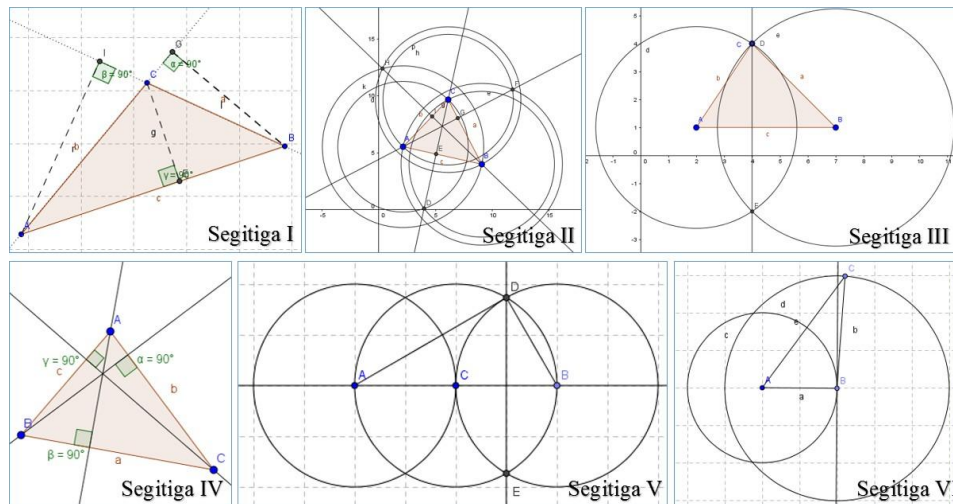
Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif untuk setiap instrumen yang digunakan dalam penelitian. Hasil unjuk kinerja investigasi dinilai menggunakan rubrik penilaian pada komponen kognitif, psikomotorik, dan afektif, sementara hasil angket respon diolah menggunakan statistik deskriptif untuk menentukan persentase jawaban pada 18 item pertanyaan. Analisis angket dibagi menjadi empat kategori utama yang merujuk pada tahapan pemecahan masalah, sehingga peneliti dapat menyimpulkan bagaimana GeoGebra berkontribusi pada setiap tahap berpikir kritis mahasiswa. Seluruh hasil analisis ini kemudian disintesis untuk memberikan implikasi teoritis dan praktis terhadap pengembangan pembelajaran geometri.

Hasil dan Pembahasan

Permasalahan yang diberikan pada mahasiswa meliputi tiga penugasan unjuk kerja secara individual. Tugas unjuk kerja pertama yaitu konstruksi garis tinggi segitiga. Tugas kedua yaitu konstruksi berbagai jenis segiempat. Dan tugas ketiga yakni konstruksi segitiga dengan keliling terkecil dimana segitiga itu dibentuk dari titik-titik pada masing-masing sisi sebuah segitiga. Identifikasi proses investigasi yang dilakukan mahasiswa pada Geogebra dapat dilakukan dengan mengaktifkan fitur **Navigation Bar for Construction Steps** yang mempresentasikan tahapan-tahapan konstruksi yang telah dilakukan mahasiswa. Mahasiswa pada penugasan pertama diarahkan untuk membuat konstruksi garis tinggi sebuah segitiga sembarang dengan menggunakan jangka dan penggaris pada buku gambar polos ukuran A4. Setelah itu mahasiswa diminta untuk mengulangi proses konstruksi menggunakan Geogebra. Hasil observasi selama pembelajaran menunjukkan bahwa semua mahasiswa menggunakan lingkaran sebagai representasi jangka

namun masih bergantung pada ukuran-ukuran tertentu yang terlihat dari penggunaan **Grid**, **Axes**, serta ukuran panjang sisi dan besar sudut. Meski demikian prinsip konstruksi dua garis tegak lurus dilakukan dengan baik oleh mahasiswa untuk konstruksi berbantuan Geogebra baik dengan menggunakan fitur  **Perpendicular Line** atau pun dengan pemeriksaan sudut menggunakan  **Angle**. Berikut ditunjukkan enam variasi konstruksi garis tinggi segitiga sembarang yang dibuat mahasiswa pada Geogebra.

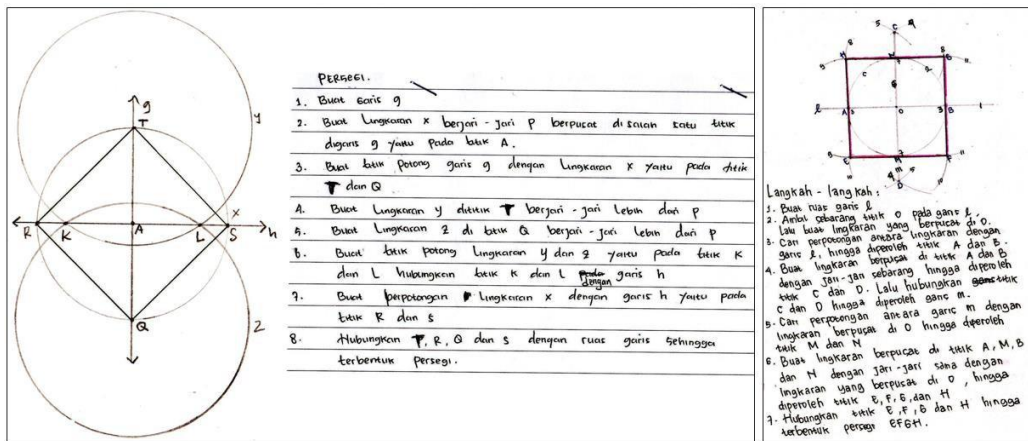


Gambar 1. Contoh konstruksi garis tinggi segitiga pada geogebra

Keenam konstruksi pada gambar 1 tersebut menunjukkan kecenderungan mahasiswa menggunakan segitiga lancip untuk melakukan investigasi. Hanya ada satu mahasiswa yang mencoba menentukan garis tinggi segitiga pada sisi dengan sudut tumpul. Sekitar 57,7% mahasiswa membuat segitiga dengan alas yang tidak selalu mendatar pada konstruksi geogebra namun semua mahasiswa membuat segitiga dengan alas mendatar pada konstruksi manual. Hal ini menunjukkan adanya perubahan cara pikir dalam memvisualisasikan bentuk segitiga setelah menggunakan Geogebra. Hasil penelitian ini relevan dengan penelitian Yanik dan Ada (2013) dan Hasek (2013).

Mahasiswa kemudian ditugaskan untuk mengkonstruksi 7 jenis segiempat berbeda yaitu persegi, persegi panjang, belah ketupat, layang-layang, jajaran genjang, trapesium, serta sembarang segiempat tak beraturan. Konstruksi tersebut dilakukan dengan cara menginvestigasi sifat dan prinsip segiempat yang dapat digunakan untuk mengkonstruksi suatu segiempat tanpa ada ketentuan ukuran sisi atau pun sudut tertentu (ukuran sembarang). Mahasiswa pada awalnya menggunakan langkah yang serupa dengan konstruksi manual untuk membuat konstruksi berbantuan Geogebra. Setelah 2 atau 3 kali proses konstruksi pada Geogebra, mahasiswa selanjutnya menemukan teknik yang lebih cepat untuk menyelesaikan masalah konstruksi

segiempat berbantuan geogebra. Berikut contoh konstruksi persegi secara manual (*paper-pencil based*) menggunakan jangka dan penggaris.

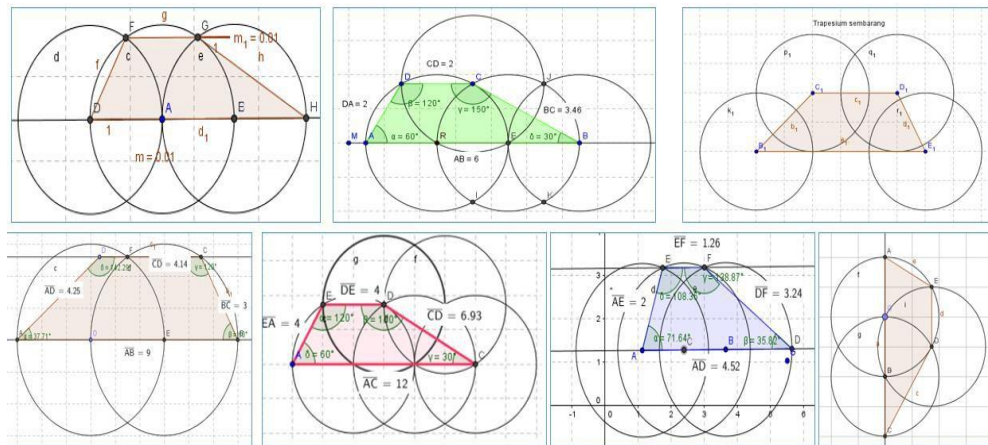


Analisis terhadap Gambar 2 menunjukkan bahwa konstruksi persegi menggunakan jangka dan penggaris memerlukan proses iteratif yang panjang dengan tahapan bervariasi untuk mencapai presisi. Mahasiswa cenderung melakukan percobaan berulang secara manual guna memastikan ketepatan geometris, namun sering kali terjebak pada aspek prosedural yang kaku sebelum mengenal perangkat lunak dinamis. Fenomena ini mencerminkan dominasi pengetahuan prosedural dalam pembelajaran tradisional, di mana fokus utama terletak pada langkah-langkah teknis manual yang memakan waktu dan melelahkan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Özpınar dan Arslan (2022) yang menyatakan bahwa calon guru matematika sering kali memiliki pemahaman prosedural yang lebih kuat dibandingkan pemahaman konseptual yang mendalam. Keterbatasan alat fisik ini menjadi hambatan signifikan bagi mahasiswa untuk mengeksplorasi variasi bentuk konstruksi secara luas dan fleksibel, yang pada akhirnya dapat memicu kecemasan matematis jika hasil yang diinginkan sulit dicapai secara manual.

Sebaliknya, pemanfaatan GeoGebra memungkinkan mahasiswa untuk mengidentifikasi dan menciptakan delapan variasi konstruksi persegi yang berbeda dalam waktu yang jauh lebih singkat. Kemampuan GeoGebra dalam menyajikan visualisasi dinamis membantu mahasiswa melampaui batasan fisik alat tulis, sehingga mereka dapat berfokus sepenuhnya pada hubungan antarsifat geometris. Hal ini selaras dengan temuan Birgin dan Uzun Yazıcı (2021) serta Tatar dan Zengin (2016) yang menekankan bahwa instruksi berbantuan GeoGebra secara efektif meningkatkan pemahaman konseptual melalui eksplorasi objek matematika secara interaktif. Transformasi dari metode *paper-pencil* ke platform digital terbukti mampu mereduksi hambatan kognitif dan meningkatkan efisiensi investigasi matematis secara signifikan. Dengan fitur konstruksi otomatis, mahasiswa dapat bereksperimen dengan berbagai parameter geometri untuk memvalidasi

argumen mereka secara instan, sebuah proses yang mustahil dilakukan dalam lingkungan belajar statis.

Diskusi mengenai kedua metode ini menunjukkan bahwa keberhasilan mahasiswa dalam menemukan delapan pola berbeda merupakan hasil dari sinergi antara kemampuan penalaran dan bantuan teknologi dinamis. GeoGebra bertindak sebagai instrumen kognitif yang memicu kemandirian belajar serta meningkatkan keaktifan mahasiswa dalam proses penemuan konsep melalui metode *guided discovery*. Hasil ini memperkuat penelitian Saha et al. (2010) dan Zengin et al. (2012) yang menyatakan bahwa perangkat lunak matematika dinamis memberikan dampak positif terhadap pencapaian akademik dan motivasi siswa dalam mempelajari geometri. Meskipun metode manual memberikan dasar mekanis, integrasi teknologi digital sangat diperlukan untuk mencapai tingkat berpikir geometris Van Hiele yang lebih tinggi dan kritis. Secara teoretis, transisi ini memberikan kontribusi pada reformasi kurikulum dengan menegaskan bahwa pemanfaatan teknologi bukan sekadar alat bantu, melainkan pendukung utama dalam menciptakan pembelajaran geometri yang lebih eksploratif, inovatif, dan mampu meningkatkan kemampuan pemecahan masalah mahasiswa secara komprehensif.



Gambar 3. Contoh konstruksi trapesium menggunakan GeoGebra

Gambar 3 memperlihatkan bahwa seluruh mahasiswa telah mampu mengaplikasikan sifat lingkaran kongruen dan prinsip konstruksi lokasi titik pusat dalam memecahkan masalah geometri. Meskipun demikian, penggunaan konstruksi garis tinggi, garis sejajar, dan garis tegak lurus secara spesifik hanya dilakukan oleh sebagian kecil mahasiswa. Penentuan titik-titik sudut umumnya dilakukan dengan teknik perpotongan lingkaran berdiameter sama, di mana mayoritas mahasiswa memerlukan lebih dari dua lingkaran untuk menentukan titik sudut segiempat. Temuan ini mengindikasikan bahwa mahasiswa cenderung mengandalkan strategi visual-prosedural dalam

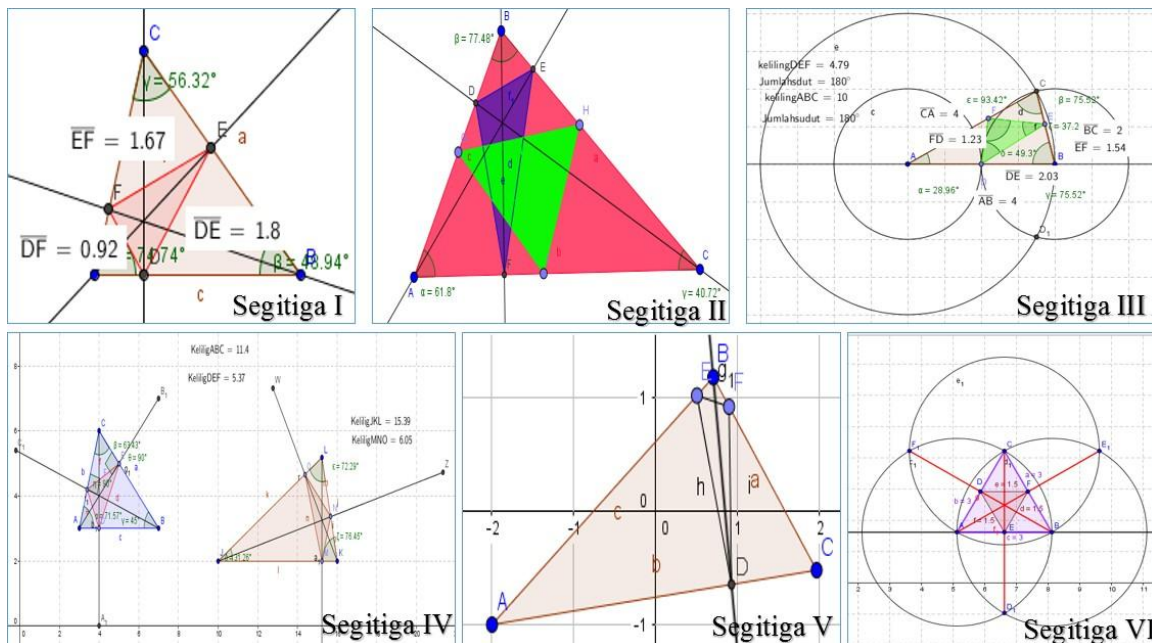
mengonstruksi bangun datar seperti trapesium, jajaran genjang, dan belah ketupat. Hal ini sejalan dengan penelitian Özpınar dan Arslan (2022) yang menyoroti dominasi pengetahuan prosedural dibandingkan konseptual pada calon guru matematika, serta relevan dengan tantangan tingkat berpikir geometris Van Hiele yang masih memerlukan penguatan (Tutkun & Ozturk, 2013).

Pada tugas unjuk kerja ketiga mengenai penentuan keliling minimum segitiga di dalam segitiga sembarang, terdapat perbedaan signifikan antara metode manual dan bantuan teknologi. Proses manual (*paper-pencil based*) membutuhkan waktu sekitar 2 jam dan tidak menghasilkan solusi yang benar, meski telah diberikan petunjuk arah penyelesaian. Sebaliknya, melalui investigasi berbantuan GeoGebra, mahasiswa mampu menyelesaikan masalah dan membangun argumentasi logis hanya dalam waktu 30 menit. Efisiensi waktu dan peningkatan akurasi ini mengonfirmasi temuan Idris (2006) dan Saha et al. (2010) bahwa alat bantu teknologi secara signifikan mereduksi hambatan teknis dan kecemasan dalam memecahkan masalah yang kompleks. Selain itu, kecepatan transisi mahasiswa dari sketsa awal ke penemuan solusi membuktikan bahwa GeoGebra berperan sebagai media dinamis yang memperkuat pemahaman konseptual (Birgin & Uzun Yazıcı, 2021; Tatar & Zengin, 2016).

Kemampuan mahasiswa dalam memberikan penjelasan dan argumentasi dalam waktu relatif singkat menunjukkan bahwa GeoGebra memfasilitasi proses penemuan (*discovery*) yang lebih efektif. Hal ini sejalan dengan efektivitas metode *guided discovery learning* dalam meningkatkan keaktifan dan penalaran (Budi Lestari et al., 2022; Maesya Firdaus et al., 2021). Integrasi fitur GeoGebra memungkinkan mahasiswa bereksperimen dengan lokasi titik secara fleksibel, yang merupakan esensi dari pembelajaran konstruktivistik (Tynjälä, 1999; Roslani & Nuriadin, 2022). Meskipun terdapat tantangan dalam memahami strategi yang tepat bagi sebagian mahasiswa (Nada & Prasetyo Aji, 2022; Yanti et al., 2022), ketersediaan fitur interaktif membantu mereka melampaui keterbatasan visualisasi statis (Ismail & Rahman, 2017; Suparman, 2021).

Keberhasilan investigasi ini juga memberikan implikasi pada sikap positif mahasiswa terhadap geometri dan teknologi (Eshetu et al., 2023). Dengan adanya umpan balik visual secara langsung dari perangkat lunak, mahasiswa dapat lebih mudah mengelaborasi pengetahuan konseptual mereka melalui tugas-tugas investigasi (Van Boxtel et al., 2000; Demir & Zengin, 2023). Hal ini mendukung reformasi pendidikan yang menekankan pentingnya penguasaan subjek melalui integrasi teknologi dalam kerangka STEM (Ceylan & Ozdilek, 2015; Nicolette et al., 2017). Meskipun penggunaan teknologi memiliki keterbatasan tertentu (Wassie & Zergaw, 2019), efektivitasnya dalam memacu berpikir kreatif dan memecahkan masalah geometri terbukti lebih unggul dibandingkan metode tradisional (Saida et al., 2021; Zengin et al., 2012).

Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa GeoGebra tidak hanya bertindak sebagai alat gambar, tetapi sebagai instrumen kognitif yang mendukung pemahaman limit dan konsep geometri yang mendalam melalui pendekatan multi-teaching (Baye et al., 2021). Dampak praktis dari penelitian ini adalah perlunya pembiasaan investigasi digital untuk mengatasi faktor-faktor yang menghambat prestasi akademik mahasiswa (Beyessa, 2014). Secara teoritis, hasil penelitian memperkuat kedudukan teknologi sebagai katalisator dalam pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa (Dimla, 2018), yang memungkinkan mereka bertransformasi dari sekadar pengguna menjadi inovator dalam pemecahan masalah matematis (Acharya, 2020).



Gambar 4 . Contoh konstruksi geogebra untuk masalah keliling segitiga

Gambar 4 menunjukkan adanya kesamaan pola pikir mahasiswa dalam menyelesaikan masalah geometri yang diperkuat dengan argumentasi logis. Pada konstruksi segitiga I dan II, mahasiswa menyatakan bahwa keliling segitiga DEF minimum diperoleh dari titik potong garis yang tegak lurus dengan tiap sisi segitiga ABC. Argumentasi serupa muncul pada segitiga V, di mana mahasiswa menekankan penggunaan garis tinggi sebagai penentu posisi titik guna meminimalkan keliling. Namun, pada segitiga VI, ditemukan kelemahan dalam argumen mahasiswa yang menggunakan segitiga sama sisi tanpa landasan yang benar. Pemanfaatan fitur GeoGebra seperti ukuran sudut, poligon, lingkaran, ruas garis, dan garis tegak lurus terbukti membantu mahasiswa melakukan investigasi dinamis. Temuan ini sejalan dengan penelitian Birgin dan Uzun Yazıcı (2021) serta Acharya (2020) yang menyatakan bahwa GeoGebra secara signifikan menunjang pemahaman konseptual dan efektivitas

pengajaran geometri melalui visualisasi yang akurat.

Analisis terhadap respon mahasiswa menunjukkan bahwa aktivitas memahami masalah dilakukan dengan membaca berulang kali (92,3%) dan mengidentifikasi informasi (65,4%). Hal ini menunjukkan kesesuaian dengan strategi pemecahan masalah yang dikemukakan oleh Nada dan Prasetyo Aji (2022) serta Saida et al. (2021), di mana pemahaman mendalam terhadap informasi awal merupakan fondasi berpikir kritis. Selain itu, temuan bahwa 88,5% mahasiswa mampu menyatakan ulang masalah sejalan dengan penelitian Putra et al. (2021) mengenai pentingnya aktivitas kognitif dalam mengonstruksi ulang masalah matematika. Namun, masih terdapat 60% mahasiswa yang bingung menentukan strategi tepat, yang mengindikasikan adanya hambatan belajar serupa dengan yang diidentifikasi oleh Yanti et al. (2022) dan Roslani dan Nuriadin (2022) terkait kendala konstruktivisme dalam lingkungan belajar.

Dalam hal strategi, penggunaan visualisasi gambar oleh lebih dari 30% mahasiswa menunjukkan peran krusial media dinamis. Sebagaimana dijelaskan oleh Ismail dan Rahman (2017) serta Suparman (2021), representasi visual pada GeoGebra lebih membantu dibandingkan perangkat lunak statis atau metode konvensional. Meski demikian, rendahnya pemeriksaan langkah strategi (kurang dari 50%) dan minimnya percobaan strategi alternatif (23%) menunjukkan bahwa kemampuan metakognitif mahasiswa masih perlu diasah. Fenomena ini relevan dengan temuan Özpınar dan Arslan (2022) yang menyoroti perlunya penguatan pengetahuan konseptual daripada sekadar prosedural pada calon guru. Kurangnya eksplorasi strategi lain juga dapat dikaitkan dengan tingkat kemandirian belajar yang bervariasi selama proses investigasi (Kurniasih et al., 2021).

Keberhasilan mahasiswa dalam menggunakan fitur garis tegak lurus untuk menemukan solusi keliling minimum memperkuat argumen Baye et al. (2021) mengenai integrasi teknologi yang dipandu teori belajar (seperti APOS) untuk meningkatkan pemahaman. Selain itu, lingkungan belajar yang kolaboratif dan berbantuan teknologi terbukti mampu merangsang penalaran matematis (Demir & Zengin, 2023). Hal ini juga berdampak pada penurunan kecemasan matematika (Maesya Firdaus et al., 2021; Idris, 2006) dan peningkatan sikap positif terhadap geometri (Eshetu et al., 2023). Integrasi GeoGebra dalam pembelajaran aktif, sebagaimana disarankan oleh Budi Lestari et al. (2022) dan Teshome (2012), memberikan ruang bagi mahasiswa untuk bereksperimen dengan objek geometri secara nyata (Dimla, 2018; Tutkun & Ozturk, 2013).

Sintesis dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa meskipun GeoGebra memfasilitasi penemuan solusi, intervensi pedagogis tetap diperlukan untuk memperkuat argumentasi logis dan kemandirian mahasiswa (Van Boxtel et al., 2000; Tynjälä, 1999). Meskipun terdapat tantangan dalam

implementasinya (Wassie & Zergaw, 2019), efektivitas GeoGebra dalam menunjang prestasi belajar tetap tidak terbantahkan (Saha et al., 2010; Zengin et al., 2012). Hal ini memberikan dasar bagi perbaikan rencana pembelajaran dalam kerangka pendidikan STEM yang lebih luas (Ceylan & Ozdilek, 2015; Nicolette et al., 2017), di mana kemampuan subjek dan pemanfaatan teknologi saling melengkapi (Beyessa, 2014).

Implikasi dari penelitian ini adalah bahwa pengembangan model pembelajaran geometri berbasis investigasi GeoGebra memberikan kontribusi praktis dalam meningkatkan kualitas penalaran matematis mahasiswa. Dampaknya, mahasiswa tidak hanya mampu menemukan jawaban yang benar secara visual, tetapi juga mulai membangun struktur argumen deduktif yang menjadi inti dari kemampuan berpikir kritis. Secara teoritis, penelitian ini memperkuat landasan bahwa teknologi dinamis bertindak sebagai perancah (*scaffolding*) dalam proses konstruksi pengetahuan geometri pada tingkat pendidikan tinggi.

KESIMPULAN

Integrasi GeoGebra dalam pembelajaran geometri mentransformasi pola pikir mahasiswa dari pendekatan prosedural-statis menjadi investigatif-dinamis yang lebih mendalam. Mahasiswa berhasil menemukan esensi makna dari konsep keliling minimum melalui manipulasi visual akurat dalam waktu yang jauh lebih efisien dibandingkan metode konvensional. Temuan ini menunjukkan adanya pola efisiensi kognitif di mana teknologi berperan sebagai jembatan utama antara abstraksi matematis dan intuisi geometris. Keberhasilan investigasi ini membuktikan bahwa visualisasi dinamis mampu memicu kemampuan berpikir kritis mahasiswa secara signifikan dalam memecahkan masalah kompleks.

Penelitian ini merekonseptualisasi peran teknologi dari sekadar alat bantu pengajaran menjadi katalisator utama dalam proses pengembangan nalar filosofis mahasiswa. Hasil investigasi memperluas teori konstruktivisme dengan menunjukkan bahwa lingkungan digital dapat memodifikasi trajektori berpikir mahasiswa melalui eksplorasi mandiri. Pendekatan ini mengkritik metode tradisional yang seringkali mengabaikan kedalaman penalaran konseptual demi mengejar hasil akhir yang bersifat prosedural. Hal ini menegaskan bahwa integrasi GeoGebra mengangkat diskusi teknis geometri ke level pemahaman yang lebih fundamental dan bermakna.

Secara operasional, dosen harus bertransformasi menjadi fasilitator investigasi digital yang memprioritaskan kualitas argumen logis di atas kecepatan hitung siswa. Kurikulum pendidikan matematika perlu mewajibkan modul investigasi berbasis teknologi dinamis sebagai standar kompetensi utama bagi calon pendidik. Pemerintah disarankan untuk memperluas akses perangkat lunak sumber terbuka dalam kebijakan pendidikan STEM guna mengatasi hambatan prestasi

akademik nasional. Implementasi strategi multilevel ini diharapkan dapat menciptakan ekosistem pembelajaran yang lebih inklusif dan responsif terhadap perkembangan teknologi digital.

Peta jalan riset selanjutnya perlu mengeksplorasi trajektori baru terkait efektivitas GeoGebra dalam model pembelajaran hibrida yang lebih kompleks. Peneliti masa depan harus menguji bagaimana ketahanan kognitif mahasiswa berinteraksi dengan beban informasi visual yang sangat dinamis. Pertanyaan riset yang provokatif adalah mengenai dampak ketergantungan visualisasi terhadap kemampuan penalaran abstrak murni mahasiswa tanpa bantuan perangkat lunak. Identifikasi tantangan dan limitasi teknologi ini akan menjadi kunci penting bagi pengembangan inovasi pedagogis di masa depan.

GeoGebra bukan hanya berfungsi menghidupkan objek geometri yang statis, tetapi juga membangkitkan nalar mahasiswa yang selama ini terbelenggu metode manual. Keberhasilan penelitian ini menunjukkan otoritas ilmiah dalam mengintegrasikan teknologi dengan kebutuhan pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa. Meskipun teknologi menawarkan kemudahan, kerendahan hati intelektual tetap diperlukan dalam mengakui bahwa nalar manusia adalah pusat dari setiap penemuan matematis. Keselarasan antara kecanggihan alat dan ketajaman logika adalah kunci utama bagi transformasi kualitas pendidikan matematika di era digital.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, S. (2020). *Effectiveness of GeoGebra in teaching geometry*. Department of Mathematics Education.
- Baye, M. G., Ayele, M. A., & Wondimuneh, T. E. (2021). Implementing GeoGebra integrated with multi-teaching approaches guided by the APOS theory to enhance students' conceptual understanding of limit in Ethiopian universities. *Heliyon*, 7(5), e07012. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07012>
- Beyessa, F. (2014). Major factors that affect grade 10 students' academic achievement in science education at IluAbabora general secondary of Oromia regional state, Ethiopia. *International Letters of Social and Humanistic Sciences*, 32, 118–134. <https://doi.org/10.18052/www.scipress.com/ILSHS.32.118>
- Birgin, O., & Uzun Yazıcı, K. (2021). The effect of GeoGebra software-supported mathematics instruction on eighth-grade students' conceptual understanding and retention. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 925–939. <https://doi.org/10.1111/jcal.12532>

- Budi Lestari, A. S., Aisah, S., Supriyo, & Aufin, M. (2022). Apakah keaktifan siswa dapat ditingkatkan melalui pembelajaran kooperatif dengan metode guided discovery learning? *International Journal of Progressive Mathematics Education*, 2(1), 1–14. <https://doi.org/10.22236/ijopme.v2i1.8847>
- Ceylan, S., & Ozdilek, Z. (2015). Improving a sample lesson plan for secondary science courses within the STEM education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 177, 223–228. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.395>
- Demir, M., & Zengin, Y. (2023). The effect of a technology-enhanced collaborative learning environment on secondary school students' mathematical reasoning: A mixed method design. *Education and Information Technologies*, 28(8), 9855–9883. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-11587-x>
- Dimla, R. B. (2018). Probing students' levels of geometric thinking in geometry and their enacted example space function. *Journal of Education in Black Sea Region*, 4(1), 155–163. <https://doi.org/10.31578/jebs.v4i1.162>
- Eshetu, D., Atnafu, M., & Woldemichael, M. (2023). Technology integrated guided inquiry-based learning approach and pre-service mathematics teachers' attitude towards learning geometry. *Mediterranean Journal of Social & Behavioral Research*, 7(1), 3–13. <https://doi.org/10.30935/mjosbr/12560>
- Idris, N. (2006). Exploring the effects of TI-84 plus on achievement and anxiety in mathematics. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2(3), 66–78. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75465>
- Ismail, Z., & Rahman, S. N. A. (2017). Learning 2-dimensional and 3-dimensional geometry with Geogebra: Which would students do better. *International Journal on Emerging Mathematics Education*, 1(2), 121–134. <https://doi.org/10.12928/ijeme.v1i2.5541>
- Kurniasih, N., Hidayani, F., Muchlis, A., & Soebagyo, J. (2021). Analisis kemandirian belajar matematika siswa SMA kelas XI selama pembelajaran jarak jauh. *International Journal of Progressive Mathematics Education*, 1(2), 116–126. <https://doi.org/10.22236/ijopme.v1i2.6568>
- Maesya Firdaus, D., Purwanto, S. E., & Nuriadin, I. (2021). Kontribusi self-efficacy dan mathematics

- anxiety terhadap kemampuan penalaran matematika siswa. *International Journal of Progressive Mathematics Education*, 1(2), 85–103.
<https://doi.org/10.22236/ijopme.v1i2.6488>
- Nada, Q., & Prasetyo Aji, P. (2022). Analisis kemampuan pemecahan masalah peserta didik SMA pada materi eksponensial. *International Journal of Progressive Mathematics Education*, 2(1), 48–65. <https://doi.org/10.22236/ijopme.v2i1.8880>
- Nicolete, P. C., Bilessimo, S. M. S., da Silva Cristiano, M. A., Simão, J. P. S., & da Silva, J. B. (2017). Technology integration actions in mathematics teaching in Brazilian basic education: Stimulating STEM disciplines. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 52(52).
<https://doi.org/10.6018/red/52/7>
- Özpinar, İ., & Arslan, S. (2022). Investigation of basic mathematical knowledge of preservice maths teachers: Procedural or conceptual? *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 53(8), 2115–2132.
<https://doi.org/10.1080/0020739X.2020.1867915>
- Putra, Z. H., Panjaitan, I. O. D., Putri, N. A., Wulandari, T. R., Hermita, N., & Dahnilsyah. (2021). Design and implementation of GeoGebra learning activities of area and perimeter of rectangles for primary school students. *Journal of Physics: Conference Series*, 2049(1), 012032. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2049/1/012032>
- Roslani, & Nuriadin, I. (2022). Analysis of obstacles to learning mathematics online in view of constructivism theory. *International Journal of Progressive Mathematics Education*, 2(1), 15–23. <https://doi.org/10.22236/ijopme.v2i1.8812>
- Saha, R. A., Ayub, A. F. M., & Tarmizi, R. A. (2010). The effects of GeoGebra on mathematics achievement: Enlightening coordinate geometry learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 8, 686–693. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.12.095>
- Saida, A. A., Ikram, M., & Salwah. (2021). Analysis of students' creative thinking in solving cuboid problems. *International Journal of Progressive Mathematics Education*, 1(2), 104–116.
<https://doi.org/10.22236/ijopme.v1i2.7307>
- Selvy, Y., Ikhsan, M., Johar, R., & Saminan. (2020). Improving students' mathematical creative thinking and motivation through GeoGebra assisted problem based learning. *Journal of*

Physics: Conference Series, 1460(1), 012004. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1460/1/012004>

Suparman, S. (2021). Is cabri 3d software effective for teaching geometry materials? A meta-analysis study in Indonesia. *Journal of Advanced Sciences and Mathematics Education*, 1(2), 41–51. <https://doi.org/10.58524/jasme.v1i2.45>

Tatar, E., & Zengin, Y. (2016). Conceptual understanding of definite integral with Geogebra. *Computers in the Schools*, 33(2), 120–132. <https://doi.org/10.1080/07380569.2016.1177480>

Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55. <https://doi.org/10.5116/ijme.4dfb.8dfd>

Teshome, A. (2012). Teachers' perceptions and practices of active learning in Haramaya University, Eastern Ethiopia: The case of faculty of education. *Science, Technology and Arts Research Journal*, 1(4), 74–83. <https://doi.org/10.4314/star.v1i4.98828>

Tutkun, O. F., & Ozturk, B. (2013). The effect of GeoGebra mathematical software to the academic success and the level of Van Hiele geometrical thinking. *International Journal of Academic Research*, 5(4), 22–28. <https://doi.org/10.7813/2075-4124.2013/5-4/B.3>

Tynjälä, P. (1999). Towards expert knowledge? A comparison between a constructivist and a traditional learning environment in the university. *International Journal of Educational Research*, 31(5), 357–442. [https://doi.org/10.1016/S0883-0355\(99\)00012-9](https://doi.org/10.1016/S0883-0355(99)00012-9)

Van Boxtel, C., Van der Linden, J., & Kanselaar, G. (2000). Collaborative learning tasks and the elaboration of conceptual knowledge. *Learning and Instruction*, 10(4), 311–330. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(00\)00002-5](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(00)00002-5)

Wassie, Y. A., & Zergaw, G. A. (2019). Some of the potential affordances, challenges and limitations of using GeoGebra in mathematics education. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(8), em1734. <https://doi.org/10.29333/ejmste/108436>

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>