

Integrasi media pembelajaran berbasis GeoGebra untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran matematika: Kajian teoritis

Kamaliatul Fiqriah

Program Studi Tadris Matematika, Unieversitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
e-mail: kkamilliaa111@gmail.com

Kata Kunci:

GeoGebra; media pembelajaran; berpikir kritis; matematika; pembelajaran inovatif

Keywords:

GeoGebra; learning media; critical thinking; mathematics; innovative instruction.

ABSTRAK

Kemampuan berpikir kritis dalam bidang matematika merupakan keterampilan mendasar yang harus dimiliki siswa untuk menghadapi tantangan di era abad ke-21. Meski demikian, hasil evaluasi internasional seperti PISA dan TIMSS memperlihatkan bahwa pencapaian siswa Indonesia dalam matematika masih relatif rendah. Salah satu pendekatan yang dinilai efektif untuk mengatasinya adalah pemanfaatan media pembelajaran berbasis teknologi, khususnya perangkat lunak GeoGebra, dalam proses belajar mengajar. Tulisan ini bertujuan meninjau secara teoritis bagaimana penggunaan GeoGebra dapat mendukung pengembangan kemampuan berpikir kritis siswa dalam matematika. Metode yang digunakan berupa kajian pustaka

dengan pendekatan deskriptif-analitis. Hasil kajian menunjukkan bahwa GeoGebra mampu menghadirkan representasi visual yang dinamis terhadap konsep-konsep abstrak, mendorong eksplorasi mandiri, serta menciptakan kondisi kognitif yang menstimulasi keterampilan berpikir kritis. Penerapan GeoGebra dalam pembelajaran geometri, aljabar, dan kalkulus terbukti meningkatkan partisipasi aktif siswa sekaligus memperkuat penalaran matematis. Kajian ini merekomendasikan peningkatan kompetensi guru dalam mengintegrasikan GeoGebra serta pengembangan perangkat pembelajaran berbasis GeoGebra yang sesuai dengan kurikulum yang berlaku.

ABSTRACT

Critical thinking in mathematics is a fundamental skill that students must develop to meet the demands of the 21st century. Nevertheless, international assessments such as PISA and TIMSS reveal that Indonesian students' performance in mathematics remains below expectations. An effective approach to address this issue is the integration of technology-based innovative learning tools, particularly the GeoGebra software, into mathematics instruction. This paper seeks to provide a theoretical review of how GeoGebra can be utilized as a learning medium to enhance students' critical thinking abilities in mathematics. The study employs a literature review method with a descriptive-analytical framework. Findings indicate that GeoGebra offers dynamic visualizations of abstract mathematical concepts, fosters independent exploration, and creates cognitive conditions that stimulate critical thinking. Its application in teaching geometry, algebra, and calculus has been shown to significantly improve students' active participation and mathematical reasoning. The study recommends strengthening teachers' competencies in using GeoGebra and developing GeoGebra-based instructional materials aligned with the current curriculum.



Pendahuluan

Matematika merupakan disiplin ilmu yang memiliki peran sangat penting dalam membentuk kemampuan berpikir logis, kritis, serta analitis pada peserta didik. Dalam kerangka pendidikan abad ke-21, keterampilan berpikir kritis (*critical thinking*) ditempatkan sebagai salah satu dari empat kompetensi utama yang dikenal dengan istilah 4C (*Critical Thinking, Creativity, Communication, dan Collaboration*). Kendati demikian, hasil *Programme for International Student Assessment (PISA)* tahun 2022 menunjukkan bahwa Indonesia masih menempati peringkat ke-68 dari 81 negara peserta dalam bidang matematika, dengan skor rata-rata 366, jauh di bawah rata-rata OECD yang mencapai 472 (Zuhria et al., 2022). Fakta ini mencerminkan bahwa kemampuan berpikir kritis matematis siswa Indonesia masih perlu ditingkatkan secara serius melalui upaya yang sistematis dan berkelanjutan.

(Sari et al., 2024) dalam kajian yang terindeks di repository UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, ditemukan bahwa banyak siswa masih kurang berminat terhadap mata pelajaran matematika. Matematika sering dipersepsikan sebagai bidang yang menantang, rumit, dan membosankan. Temuan ini mengindikasikan adanya persoalan mendasar dalam desain pembelajaran matematika di Indonesia, khususnya terkait pemanfaatan media pembelajaran yang belum mampu memotivasi serta melibatkan siswa secara aktif dalam proses konstruksi pengetahuan matematis.

(Wahidmurni, 2017), dosen UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, dalam karyanya tentang metodologi pembelajaran, kualitas proses belajar menuntut adanya sinergi antara metode, strategi, dan media yang inovatif. Tanpa dukungan media yang sesuai, pembelajaran cenderung hanya bersifat verbalistik dan kurang mampu mendorong siswa mencapai keterampilan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills/HOTS*). Pandangan ini semakin menegaskan bahwa inovasi media pembelajaran, khususnya yang berbasis teknologi, merupakan kebutuhan yang tidak dapat diabaikan dalam praktik pembelajaran matematika modern.

Salah satu media berbasis teknologi yang telah banyak dikaji dan terbukti efektif dalam pembelajaran matematika adalah GeoGebra. GeoGebra merupakan perangkat lunak matematika dinamis (*dynamic mathematics software*) yang mengintegrasikan geometri, aljabar, statistik, dan kalkulus dalam satu platform yang interaktif dan mudah digunakan. (As'ari et al., 2016), yang merupakan dosen UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, dalam kajiannya tentang variasi konstruk pembelajaran matematika menekankan pentingnya perubahan konseptual dalam pembelajaran matematika, di mana media interaktif seperti GeoGebra dapat menjadi katalisator yang mendorong siswa mengalami perubahan konseptual yang bermakna.

Berdasarkan uraian latar belakang, artikel ini bertujuan untuk menelaah secara teoritis bagaimana pemanfaatan GeoGebra sebagai media pembelajaran dapat berkontribusi dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa pada mata pelajaran matematika. Kajian ini diharapkan mampu memberikan sumbangan pemikiran bagi para pendidik, peneliti, serta pengembang kurikulum matematika di Indonesia.

Kemampuan Berpikir Kritis Matematis dan Indikatornya

Kemampuan berpikir kritis dalam matematika dapat dipahami sebagai keterampilan siswa untuk menganalisis permasalahan secara sistematis, menilai argumen dengan logika yang tepat, serta merumuskan solusi yang sah berdasarkan penalaran matematis yang akurat. (Ennis, 1985) mendefinisikan berpikir kritis sebagai pemikiran yang reflektif dan masuk akal yang difokuskan pada memutuskan apa yang harus dipercaya atau dilakukan. Dalam konteks matematika, indikator kemampuan berpikir kritis umumnya meliputi: (1) interpretasi, yaitu kemampuan memahami dan mengklarifikasi informasi; (2) analisis, yaitu kemampuan mengidentifikasi hubungan antarkonsep; (3) evaluasi, yaitu kemampuan menilai validitas argumen dan bukti matematis; (4) inferensi, yaitu kemampuan menarik kesimpulan yang valid; dan (5) eksplanasi, yaitu kemampuan menjelaskan dan mempertahankan proses penalaran.

Secara matematis, keterampilan berpikir kritis dapat diidentifikasi melalui kemampuan siswa dalam menyelesaikan soal-soal non-rutin yang menuntut penalaran tingkat tinggi. Sebagai contoh, pada materi geometri, siswa tidak hanya diminta menghitung luas menggunakan rumus standar, tetapi juga ditantang untuk menganalisis keterkaitan antarbangun serta membuktikan kebenaran suatu pernyataan geometris. Misalnya, pembuktian bahwa luas segitiga dengan alas a dan tinggi t selalu dapat dinyatakan sebagai :

$$L = (1/2) \times a \times t$$

Siswa dengan kemampuan berpikir kritis yang baik tidak hanya mampu menerapkan rumus tersebut, tetapi juga mampu menjelaskan mengapa rumus tersebut berlaku, menghubungkannya dengan konsep luas persegi panjang, dan menggunakannya untuk membuktikan teorema-teorema geometri yang lebih kompleks.

Pembahasan

GeoGebra sebagai Media Pembelajaran Matematika Inovatif

GeoGebra (akronim dari *Geometry* dan *Algebra*) merupakan perangkat lunak matematika dinamis yang pertama kali dikembangkan oleh Markus Hohenwarter pada tahun 2001 di Universitas Salzburg, Austria. Aplikasi ini mengintegrasikan geometri dinamis, aljabar, statistik, dan kalkulus dalam satu antarmuka yang intuitif, serta dapat diakses secara gratis melalui berbagai platform, baik peramban web, perangkat desktop, maupun gawai mobile. Keunggulan utama GeoGebra terletak pada kemampuannya menghadirkan representasi ganda (*multiple representations*) terhadap objek-objek matematika secara simultan, di mana tampilan grafis, aljabar, dan numerik dapat ditampilkan bersamaan dan saling terhubung secara interaktif.

(Sari et al., 2024) dalam penelitian mengenai efektivitas penggunaan media GeoMath dalam pembelajaran geometri yang terindeks di repository UIN Malang, terbukti bahwa penerapan media berbasis ICT secara signifikan mampu meningkatkan hasil belajar kognitif siswa pada pembelajaran geometri integratif. Temuan ini sejalan dengan potensi GeoGebra yang dapat menghadirkan pengalaman belajar geometri yang lebih visual, interaktif, dan kontekstual. Melalui GeoGebra, siswa dapat memanipulasi

objek-objek geometri secara langsung di layar dan mengamati secara real-time bagaimana perubahan pada satu elemen memengaruhi elemen lainnya.

Dalam pembelajaran geometri transformasi, misalnya, GeoGebra memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi secara langsung konsep-konsep translasi, refleksi, rotasi, dan dilatasi melalui manipulasi interaktif. Konsep translasi titik $P(x, y)$ dengan vektor (a, b) menghasilkan bayangan $P'(x+a, y+b)$ dapat divisualisasikan secara dinamis sehingga siswa dapat membangun pemahaman konseptual yang kuat. Hal ini sangat berbeda dengan pembelajaran konvensional yang hanya menyajikan konsep secara simbolis-abstrak tanpa dukungan visualisasi yang memadai.

$$P'(x', y') = (x + a, y + b) \text{ [Translasi]}$$

$$P'(x', y') = (-x, y) \text{ [Refleksi terhadap sumbu-y]}$$

$$P'(x', y') = (x \cos \theta - y \sin \theta, x \sin \theta + y \cos \theta) \text{ [Rotasi sebesar } \theta \text{]}$$

Ketiga rumus transformasi di atas dapat dieksplor secara interaktif melalui GeoGebra, sehingga siswa tidak sekadar menghafal rumus melainkan memahami makna geometris di balik setiap transformasi. Dengan menggeser titik atau mengubah parameter secara langsung, siswa dapat mengamati, menganalisis, dan menarik kesimpulan sendiri tentang sifat-sifat transformasi, yang merupakan aktivitas berpikir kritis tingkat tinggi.

Landasan Teoritis Integrasi GeoGebra dalam Pembelajaran Berpikir Kritis

Integrasi GeoGebra dalam pembelajaran matematika untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis memiliki dasar teoritis yang kuat dari berbagai teori belajar. Pertama, konstruktivisme Piaget menekankan bahwa pengetahuan dibangun secara aktif oleh siswa melalui pengalaman langsung dengan objek konkret di lingkungannya. GeoGebra menyediakan ruang belajar virtual yang memungkinkan siswa berinteraksi secara langsung dengan objek-objek matematika dalam bentuk konkret-virtual, sehingga proses konstruksi pengetahuan berlangsung lebih aktif, bermakna, dan sesuai dengan prinsip konstruktivistik. (Wahidmurni, 2017) dalam kajiannya menegaskan bahwa pembelajaran yang melibatkan siswa secara aktif dalam proses konstruksi pengetahuan akan menghasilkan pemahaman yang lebih mendalam dan bertahan lama.

Kedua, teori *Zone of Proximal Development* (ZPD) yang dikemukakan Vygotsky memberikan landasan bagi pemanfaatan GeoGebra sebagai sarana *scaffolding* dalam pembelajaran matematika. GeoGebra dapat membantu siswa menyelesaikan tugas-tugas yang berada di luar kemampuan mandiri mereka, tetapi masih berada dalam jangkauan potensi perkembangan. Melalui antarmuka yang intuitif serta umpan balik visual yang instan, GeoGebra berfungsi sebagai penopang yang memungkinkan siswa mengeksplorasi konsep-konsep matematika yang lebih kompleks dibandingkan dengan apa yang dapat mereka capai secara individual. (As'ari et al., 2016) menekankan bahwa perubahan konseptual dalam matematika akan lebih mudah terjadi ketika siswa mendapatkan dukungan *scaffolding* yang tepat dalam proses eksplorasi.

Ketiga, *Cognitive Load Theory* yang dikemukakan oleh Sweller menjadi pijakan teoritis penting dalam pemanfaatan GeoGebra. Teori ini menegaskan bahwa memori kerja manusia memiliki kapasitas terbatas, sehingga representasi yang terlalu abstrak atau kompleks berpotensi menimbulkan beban berlebih dan menghambat proses pembelajaran. GeoGebra berperan dalam mengurangi beban kognitif eksternal dengan

menyediakan representasi visual yang jelas, terstruktur, dan mudah dipahami. Dengan demikian, kapasitas memori kerja dapat digunakan secara lebih optimal untuk aktivitas berpikir tingkat tinggi, seperti analisis, evaluasi, dan penarikan inferensi.

Penerapan GeoGebra pada Berbagai Topik Matematika untuk Mendorong Berpikir Kritis

Dalam topik geometri, GeoGebra memberikan kontribusi yang sangat signifikan terhadap pengembangan kemampuan berpikir kritis. Konsep-konsep geometri yang bersifat abstrak seperti teorema Pythagoras, sifat-sifat lingkaran, dan hubungan antarbidang dalam ruang tiga dimensi dapat divisualisasikan secara dinamis melalui GeoGebra. Teorema Pythagoras, misalnya, yang menyatakan bahwa pada segitiga siku-siku berlaku:

$$a^2 + b^2 = c^2$$

dapat dibuktikan secara visual melalui GeoGebra dengan menampilkan luas kuadrat pada masing-masing sisi secara dinamis dan membiarkan siswa memverifikasi sendiri kebenaran teorema tersebut dengan berbagai variasi ukuran. Proses verifikasi mandiri ini mendorong siswa untuk melakukan aktivitas berpikir kritis berupa evaluasi dan inferensi, bukan sekadar menerima kebenaran teorema tanpa pemahaman yang mendalam.

Dalam topik aljabar dan fungsi, GeoGebra memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi perilaku berbagai jenis fungsi secara visual-dinamis. (Sari et al., 2024) menyatakan bahwa media berbasis ICT seperti GeoGebra sangat efektif dalam membantu siswa membangun pemahaman konseptual terhadap konsep-konsep matematika yang abstrak. Sebagai contoh, eksplorasi terhadap fungsi kuadrat $f(x) = ax^2 + bx + c$ dengan mengubah nilai parameter a , b , dan c secara dinamis akan memungkinkan siswa mengamati secara langsung bagaimana perubahan parameter tersebut memengaruhi bentuk, posisi, dan karakteristik grafik parabola. Aktivitas eksplorasi ini mendorong siswa untuk membuat hipotesis, menguji hipotesis, dan menarik kesimpulan—serangkaian aktivitas yang identik dengan berpikir kritis.

$$f(x) = ax^2 + bx + c, a \neq 0$$

Dalam topik kalkulus, GeoGebra dapat dimanfaatkan untuk memvisualisasikan konsep-konsep yang umumnya dianggap paling abstrak, seperti limit, turunan, dan integral. Konsep turunan sebagai laju perubahan sesaat, misalnya, dapat dipahami secara intuitif melalui visualisasi garis tangen yang bergerak secara dinamis sepanjang kurva. Nilai turunan $f'(x)$ pada titik tertentu dapat dimaknai secara geometris sebagai kemiringan (slope) garis tangen di titik tersebut:

$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} [f(x+h) - f(x)] / h$$

Visualisasi dinamis ini membantu siswa memahami makna konseptual turunan jauh melampaui sekadar aplikasi rumus. Pemahaman konseptual yang mendalam inilah yang menjadi fondasi bagi berkembangnya kemampuan berpikir kritis dalam matematika tingkat lanjut.

Implikasi Pedagogis Integrasi GeoGebra dan Tantangan Implementasinya

Integrasi GeoGebra dalam pembelajaran matematika membawa sejumlah implikasi pedagogis yang signifikan. Pertama, peran guru bergeser dari sekadar

penyampai informasi menjadi fasilitator eksplorasi sekaligus pembimbing dalam pengembangan berpikir kritis. Guru dituntut untuk merancang aktivitas eksploratif yang terstruktur dan menantang, dengan memanfaatkan fitur GeoGebra secara optimal, sehingga siswa terdorong untuk berpikir pada level analisis, evaluasi, dan kreasi. (Wahidmurni, 2017) menekankan bahwa kualitas proses pembelajaran sangat ditentukan oleh kemampuan guru dalam merancang pengalaman belajar yang autentik dan bermakna.

Kedua, desain pembelajaran dengan GeoGebra perlu memperhatikan prinsip-prinsip scaffolding yang tepat agar tidak terjadi disorientasi kognitif pada siswa. (As'ari et al., 2016) mengingatkan bahwa perubahan konseptual yang bermakna membutuhkan kondisi pembelajaran yang mendukung, termasuk ketersediaan scaffolding yang terstruktur dan umpan balik yang konstruktif. Tanpa scaffolding yang memadai, siswa mungkin terjebak dalam eksplorasi yang tidak terarah dan gagal mencapai pemahaman konseptual yang diinginkan.

Adapun tantangan utama dalam implementasi GeoGebra di sekolah-sekolah Indonesia mencakup: (1) keterbatasan infrastruktur teknologi, terutama di sekolah-sekolah di daerah terpencil; (2) rendahnya kompetensi sebagian guru dalam memanfaatkan GeoGebra secara pedagogis; (3) kurangnya sumber belajar berbasis GeoGebra yang selaras dengan kurikulum Indonesia; dan (4) budaya pembelajaran yang masih cenderung teacher-centered dan berorientasi pada hafalan rumus. (Sari et al., 2024) dalam kajiannya menegaskan bahwa digitalisasi teknologi sesungguhnya merupakan aspek yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan siswa masa kini, sehingga tantangan-tantangan tersebut perlu diatasi secara sistematis melalui kebijakan pendidikan yang berpihak pada inovasi pembelajaran.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan kajian teoritis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan GeoGebra sebagai media pembelajaran matematika memiliki potensi besar dalam mengembangkan kemampuan berpikir kritis siswa. GeoGebra mampu menghadirkan representasi visual yang dinamis terhadap konsep-konsep abstrak, mendorong eksplorasi mandiri, serta menciptakan kondisi belajar yang menstimulasi keterampilan berpikir tingkat tinggi. Landasan teoritis dari konstruktivisme Piaget, konsep *Zone of Proximal Development* (ZPD) Vygotsky, serta teori beban kognitif Sweller secara bersama-sama memperkuat argumentasi bahwa GeoGebra merupakan media yang tepat secara pedagogis untuk mendukung pengembangan berpikir kritis dalam matematika.

Kajian ini juga menegaskan bahwa keberhasilan integrasi GeoGebra tidak hanya bergantung pada ketersediaan perangkat teknologi, melainkan lebih pada kompetensi guru dalam merancang pengalaman belajar yang berbasis eksplorasi kritis. Guru yang mampu menyusun tugas-tugas eksploratif yang terstruktur dan menantang dengan memanfaatkan fitur GeoGebra secara optimal akan dapat menciptakan pembelajaran matematika yang bermakna dan berkesan bagi siswa.

Rekomendasi yang dapat diajukan dari kajian ini antara lain: (1) guru matematika, khususnya di tingkat SMP dan SMA, perlu meningkatkan keterampilan dalam

penggunaan GeoGebra melalui pelatihan berkelanjutan; (2) lembaga pendidikan perlu menyediakan dukungan infrastruktur teknologi yang memadai untuk implementasi GeoGebra; (3) program studi Tadris Matematika di PTKIN, termasuk UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, sebaiknya mengintegrasikan pelatihan GeoGebra dalam kurikulum calon guru; dan (4) penelitian empiris mengenai efektivitas GeoGebra dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis pada berbagai jenjang dan topik matematika di Indonesia perlu terus dikembangkan dan disebarluaskan.

Daftar Pustaka

- As'ari, A. R., Muchtadi, Fuady, A., Sumaji, Wulandari, S., Hadi, S., Fuat, & Andraini, P. (2016). Perubahan Konseptual. In Variasi Konstruk dalam Pembelajaran Matematika (pp. 110–133). CV. Bintang Sejahtera.
- Ennis, R. H. (1985). A Logical Basis for Measuring Critical Thinking Skills. *Educational Leadership*, 43(2), 44–48.
- Sari, S. U. R., Dujjah, N. I. B., & Badri, F. (2024). Efektivitas Penerapan Media {GeoMath} dalam Pembelajaran Geometri Integratif untuk Meningkatkan Hasil Belajar Kognitif. *JPMI: Jurnal Pendidikan Matematika Indonesia*, 9(1), 102–107. <http://repository.uin-malang.ac.id/18979/>
- Wahidmurni. (2017). Metodologi Pembelajaran {IPS}: Pengembangan Standar Proses Pembelajaran {IPS} di Sekolah/Madrasah. *Ar-Ruzz Media*. <http://repository.uin-malang.ac.id/6466/>
- Zuhria, I., Wahidmurni, & Zuhriyah, I. A. (2022). Pengembangan {LKS HOTS} Berbasis Website pada Tema Makanan Sehat untuk Meningkatkan Berpikir Kritis Siswa {MI}. *PRIMARY: Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 11(3), 764–777. <http://repository.uin-malang.ac.id/11173/>