

Epistemological Obstacles in Geometry within the Context of Gen Z Digital Culture

Hambatan Epistemologis Geometri dalam Konteks Budaya Digital Gen Z

Abas Hidayat

Universitas Sindang Kasih Majalengka, Indonesia

Corresponding email: abashidayat@uskm.ac.id

Received: August 10, 2025; Accepted: : November 9, 2025; Published: November 30, 2025.

ABSTRACT

Geometry demands profound deductive-axiomatic reasoning; however, Generation Z has grown up within a digital culture that prioritizes instant visual information. This study aims to analyze the epistemological obstacles in geometry encountered by Gen Z students resulting from the influence of these digital culture characteristics. This research employs a qualitative descriptive method involving 250 high school students born between 2007 and 2010 in the City and Regency of Cirebon. Data were collected through diagnostic tests and in-depth interviews, then analyzed using Brousseau's theoretical framework. The results identify a shift in the forms of obstacles: first, visual-perceptual obstacles, where students validate geometric truth solely based on visual appearance, adhering to a "what looks right is right" mindset while disregarding deductive logic. Second, instrumental obstacles, characterized by a dependence on instant problem-solving applications, which hinders the construction of mental concepts. Digital culture is shown to facilitate an "illusion of understanding" and reduce student resilience in engaging with lengthy mathematical proofs. This study contributes as a foundation for designing didactic strategies to mitigate the negative effects of the culture of instant thinking, emphasizing the importance of transitioning from digital visualization toward rigorous analytical proof.

Keywords: *Epistemological Obstacles, Geometry, Gen Z, Digital Culture*

ABSTRAK

Geometri menuntut penalaran deduktif-aksiomatik yang mendalam, namun Generasi Z tumbuh dalam budaya digital yang memprioritaskan informasi visual instan. Penelitian ini bertujuan menganalisis hambatan epistemologis geometri pada siswa Gen Z akibat pengaruh karakteristik budaya digital tersebut. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif melibatkan 250 siswa SMA kelahiran 2007–2010 di wilayah Kota dan Kabupaten Cirebon. Data diperoleh melalui tes diagnostik dan wawancara mendalam dan dianalisis menggunakan kerangka teori Brousseau. Hasil penelitian mengidentifikasi pergeseran bentuk hambatan: pertama, hambatan visual-perceptual, di mana siswa memvalidasi kebenaran geometri semata berdasarkan tampilan visual "what looks right is right" dan mengabaikan logika deduktif. Kedua, hambatan instrumental, yakni ketergantungan pada aplikasi penyelesaian soal instan yang menghambat konstruksi konsep mental. Budaya digital terbukti memfasilitasi "ilusi pemahaman" dan menurunkan resiliensi siswa dalam pembuktian matematis yang panjang. Penelitian ini berkontribusi sebagai landasan perancangan strategi didaktis untuk memitigasi efek negatif budaya berpikir instan, menekankan pentingnya transisi dari visualisasi digital menuju pembuktian analitis yang ketat.

Kata kunci: Hambatan Epistemologis, Geometri, Gen Z, Budaya Digital

1. Pendahuluan

Geometri memegang peranan fundamental dalam kurikulum matematika sekolah menengah karena fungsinya yang unik dalam mengembangkan kemampuan penalaran spasial dan logika deduktif-aksiomatik (Alghadari *et al.*, 2025; Downton & Livy, 2022; Kyaw & Vidákovich, 2025). Tidak seperti cabang matematika lain yang mungkin lebih prosedural, geometri menuntut siswa untuk melampaui perhitungan angka menuju konstruksi argumen logis dan pembuktian formal. Menurut Wang *et al.* (2025) dan Amalia *et al.* (2025), penguasaan konsep geometri menjadi indikator penting kematangan intelektual siswa dalam berpikir sistematis. Namun, realitas di lapangan, penelitian dari Facciaroni *et al.* (2023) dan Agustin *et al.* (2024) menunjukkan bahwa geometri konsisten menjadi salah satu materi yang paling sulit dikuasai siswa, ditandai dengan rendahnya kemampuan visualisasi dan lemahnya argumentasi pembuktian.

Kesulitan belajar geometri sering kali bukan sekadar akibat kurangnya pengetahuan, melainkan karena adanya hambatan epistemologis. Dalam perspektif teori Rousseau, hambatan ini muncul ketika pengetahuan atau cara berpikir yang sebelumnya efektif dalam konteks tertentu (Gjone, 2024), justru menjadi penghalang ketika diterapkan pada konteks baru yang lebih kompleks (Azmi *et al.*, 2025; Hendriyanto *et al.*, 2024). Dalam pembelajaran geometri tradisional, hambatan ini biasanya bersumber dari intuisi naif siswa terhadap objek fisik yang bertentangan dengan definisi abstrak matematis. Identifikasi hambatan ini krusial agar intervensi pedagogis dapat dilakukan dengan tepat sasaran.

Konteks pendidikan saat ini semakin kompleks dengan hadirnya siswa Generasi Z yang tumbuh sebagai digital natives. Generasi ini memiliki karakteristik kognitif dan perilaku belajar yang sangat berbeda dibandingkan generasi sebelumnya, dipengaruhi oleh ekosistem budaya digital yang serba cepat dan visual (Peredy *et al.*, 2024; Roche & Szobonya, 2022; Salman Farid, 2024). Mereka terbiasa dengan akses informasi instan, multitasking, dan preferensi kuat terhadap pembelajaran berbasis multimedia. Keterpaparan terus-menerus terhadap teknologi membentuk pola pikir yang cenderung pragmatis dan memprioritaskan kecepatan di atas kedalaman proses, sebuah fenomena yang dikenal sebagai scroll culture.

Interaksi antara karakteristik budaya digital Gen Z dengan tuntutan formalitas geometri menciptakan dinamika baru dalam proses belajar. Teknologi, di satu sisi, menawarkan alat visualisasi canggih seperti aplikasi geometri dinamis yang memudahkan siswa melihat objek abstrak. Namun, di sisi lain, kemudahan ini berpotensi meninabobokan nalar kritis siswa. Ketergantungan pada validasi visual di layar gawai sering kali mengantikan kebutuhan akan pembuktian analitis yang ketat. Menurut Sudirman *et al.* (2023), Cahdriyana & Sintawati (2024), dan Haj Yahya & Hershkowitz (2024), fenomena "apa yang terlihat benar, maka itu benar" (what looks right is right) menjadi tantangan serius yang dapat mendistorsi pemahaman konsep geometri murni.

Di wilayah berkembang seperti Kota dan Kabupaten Cirebon, penetrasi teknologi digital di kalangan pelajar SMA telah mencapai tingkat yang sangat tinggi pada tahun 2025. Siswa memiliki akses tak terbatas ke berbagai platform penyelesaian soal matematika instan berbasis kecerdasan buatan (AI solvers). Kondisi ini menciptakan paradoks: siswa tampak fasih menggunakan alat bantu digital, namun mengalami degradasi kemampuan saat diminta melakukan abstraksi manual. Kesenjangan antara kelancaran prosedural digital dan pemahaman konseptual mendalam ini mengindikasikan adanya pergeseran bentuk hambatan belajar yang perlu diteliti lebih lanjut.

Meskipun banyak penelitian telah membahas hambatan epistemologis dalam geometri atau pengaruh teknologi dalam pendidikan, terdapat kekosongan literatur yang signifikan. Mayoritas studi sebelumnya cenderung fokus pada efektivitas teknologi sebagai alat bantu atau hambatan kognitif yang bersifat internal-murni (Almubarak *et al.*, 2025; Jablonski & Ludwig, 2023; Lepore, 2024). Belum banyak penelitian yang secara spesifik menginvestigasi bagaimana "budaya berpikir instan" dan kebiasaan digital Gen Z itu sendiri bermutasi menjadi sebuah hambatan epistemologis baru. Kebaruan penelitian ini terletak pada upaya mengaitkan akar sosiologis (budaya digital) dengan fenomena didaktis (hambatan epistemologis) secara spesifik pada materi geometri, yang belum banyak diungkap dalam konteks demografi siswa di daerah transisi digital seperti Cirebon.

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mengkategorisasi hambatan epistemologis geometri yang dialami oleh siswa SMA, serta menelusuri kaitannya dengan konteks budaya digital yang melingkupi mereka. Kontribusi teoritis yang diharapkan dari penelitian ini adalah pengayaan kerangka teori hambatan belajar Rousseau yang dikontekstualisasikan dengan perilaku generasi digital. Secara praktis, temuan ini diharapkan memberikan landasan bagi para pendidik dan pengembang kurikulum untuk merancang strategi pembelajaran (didactical engineering) yang mampu menjembatani gaya belajar visual-digital Gen Z dengan tuntutan ketat logika geometri, sehingga teknologi dapat berfungsi sebagai jembatan kognitif, bukan penghalang epistemologis.

2. Metode

Desain Penelitian Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan metode studi kasus. Pendekatan ini dipilih karena tujuan utama penelitian adalah untuk mengungkap dan mendeskripsikan secara mendalam fenomena hambatan epistemologis yang bersifat abstrak dan kompleks, serta kaitannya dengan konteks budaya digital siswa. Penelitian tidak bertujuan untuk menguji hipotesis statistik, melainkan untuk memahami "bagaimana" dan "mengapa" hambatan tersebut muncul dalam kognisi siswa Gen Z.

Partisipan Penelitian Subjek penelitian ini melibatkan 250 siswa Sekolah Menengah Atas (SMA) yang tersebar di wilayah Kota dan Kabupaten Cirebon. Pemilihan lokasi di Cirebon didasarkan pada karakteristik wilayah ini yang merepresentasikan daerah transisi urban-rural dengan penetrasi digital yang tinggi. Teknik pengambilan sampel menggunakan purposive sampling dengan kriteria inklusi: (1) Siswa aktif kelas XI atau XII yang telah menempuh materi geometri dimensi tiga; (2) Merupakan bagian dari Generasi Z dengan rentang tahun kelahiran 2007–2010; dan (3) Memiliki akses serta intensitas penggunaan perangkat digital (smartphone/laptop) dalam pembelajaran sehari-hari. Dari 250 siswa yang mengikuti tes diagnostik awal, dipilih subjek yang lebih kecil ($n=15$) yang teridentifikasi mengalami hambatan epistemologis signifikan untuk diwawancara secara mendalam.

Instrumen Penelitian Instrumen penelitian ini adalah 1) Tes Diagnostik Geometri (TDG): Soal tes berbentuk uraian yang dirancang khusus bukan untuk mengukur hasil belajar, melainkan untuk memprovokasi munculnya kesalahan konsep (misconception) dan hambatan berpikir. Soal dikembangkan berdasarkan indikator hambatan epistemologis Brousseau dan telah divalidasi oleh dua ahli pendidikan matematika dan satu ahli psikologi pendidikan. 2) Pedoman Wawancara Berbasis Tugas (Task-Based Interview): Panduan wawancara semi-terstruktur yang digunakan untuk mengonfirmasi jawaban siswa pada TDG. Wawancara ini juga mencakup pertanyaan terkait kebiasaan digital siswa (penggunaan aplikasi penyelesaian soal, durasi screen time, dan cara visualisasi objek) untuk menelusuri akar budaya digital dari hambatan yang dialami.

Prosedur Pengumpulan Data Pengumpulan data dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama, pemberian TDG kepada 250 siswa partisipan di sekolah masing-masing dengan pengawasan ketat untuk menghindari kecurangan. Siswa diminta menuliskan langkah penyelesaian secara manual tanpa bantuan alat digital. Tahap kedua, berdasarkan hasil analisis jawaban TDG, peneliti memilih subjek untuk sesi wawancara klinis. Dalam wawancara ini, siswa diminta menyuarakan apa yang mereka pikirkan (think-aloud protocol) saat menyelesaikan kembali masalah geometri, serta menjelaskan bagaimana mereka biasanya menggunakan teknologi untuk masalah serupa. Teknik Analisis Data Data dianalisis menggunakan model interaktif Miles, Huberman, dan Saldana yang meliputi tiga alur kegiatan: kondensasi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan.

3. Hasil Penelitian

3.1. Hambatan Visual-Perceptual: "Apa yang Terlihat, Itulah Kebenaran"

Hambatan epistemologis yang paling dominan ditemukan pada subjek penelitian adalah hambatan visual-perceptual. Berdasarkan analisis jawaban Tes Diagnostik Geometri (TDG), sebanyak 185 dari 250 siswa (74%) gagal membedakan antara representasi gambar (*drawing*) dengan objek geometri sesungguhnya (*figure*). Dalam kategori ini, siswa cenderung memvalidasi kebenaran sebuah pernyataan matematika semata-mata berdasarkan apa yang ditangkap oleh indra penglihatan mereka pada diagram soal, sebuah fenomena yang dalam penelitian ini diistilahkan sebagai sindrom "*What Looks Right Is Right*" (Apa yang terlihat benar, adalah benar).

Kesalahan yang paling mencolok terlihat pada topik Dimensi Tiga, khususnya dalam menentukan kedudukan dua garis. Ketika siswa diminta mengidentifikasi hubungan antara diagonal ruang dan diagonal sisi yang bersilangan (tidak berpotongan dan tidak sejajar) pada sebuah kubus, mayoritas siswa menjawab bahwa kedua garis tersebut berpotongan.

Analisis mendalam terhadap lembar jawaban siswa menunjukkan bahwa kesalahan ini bukan disebabkan oleh ketidaktahuan definisi, melainkan oleh dominasi persepsi visual. Karena representasi objek 3D dituangkan dalam bidang datar (kertas/layar 2D), garis-garis yang bersilangan sering kali tampak saling menumpuk atau bertemu di satu titik perspektif. Siswa Gen Z, yang terbiasa dengan antarmuka digital beresolusi tinggi di mana tampilan visual adalah representasi akurat dari fungsi (misalnya: ikon tombol di layar sentuh), mengalami kesulitan menerima bahwa dalam geometri, "gambar bisa menipu".

Hal ini terkonfirmasi melalui wawancara berbasis tugas (*task-based interview*) dengan salah satu subjek (S-014), seorang siswa kelas XI dari sebuah SMA di Kabupaten Cirebon. Peneliti: "*Mengapa kamu yakin garis AG dan HB ini berpotongan di titik tengah?*". Siswa (S-014): "*Ya karena kelihatan kena, Pak. Di gambarnya kan nempel. Kalau saya zoom di HP juga pasti ketemu titiknya. Jadi menurut saya tidak perlu dibuktikan pakai rumus proyeksi lagi, sudah jelas terlihat.*"

Kutipan tersebut menyingkap akar masalah yang berkaitan erat dengan budaya digital. Frasa "Kalau saya zoom di HP" mengindikasikan bahwa kerangka berpikir siswa telah terstruktur oleh logika teknologi digital: bahwa kebenaran dapat diverifikasi melalui manipulasi visual (memperbesar/memperjelas gambar). Siswa mengalami hambatan epistemologis karena mereka menerapkan "logika layar" di mana visual adalah realitas ke dalam ranah geometri Euklidien yang menuntut abstraksi logis di luar indra penglihatan. Akibatnya, siswa menolak kebutuhan akan pembuktian deduktif (aksioma/teorema) karena merasa bukti visual sudah cukup.

Temuan ini menegaskan bahwa pada Generasi Z, kemampuan visualisasi spasial yang seharusnya membantu, justru berubah menjadi penghalang (*obstacle*) ketika siswa tidak mampu melakukan "pengereman" terhadap intuisi visual mereka. Mereka terjebak pada prototype gambar standar dan gagal melakukan manipulasi mental objek tersebut, sebuah kompetensi yang semakin tergerus oleh kemudahan visualisasi instan di media digital.

3.2. Hambatan Instrumental: Ketergantungan pada Teknologi sebagai "Kotak Hitam"

Jenis hambatan kedua yang teridentifikasi secara signifikan adalah hambatan instrumental. Berbeda dengan hambatan visual yang berkaitan dengan persepsi, hambatan ini berkaitan dengan proses konstruksi penyelesaian masalah. Temuan menunjukkan bahwa 68% (170 siswa) mengalami kemacetan kognitif (*mental block*) ketika diminta menyelesaikan masalah geometri tanpa bantuan alat hitung digital atau akses ke mesin pencari. Fenomena ini mengindikasikan pergeseran fungsi teknologi: dari sekadar alat bantu (*scaffolding*) menjadi protesis kognitif permanen yang melumpuhkan kemampuan analitis mandiri.

Indikasi hambatan ini terlihat jelas pada pengerjaan soal yang menuntut prosedur konstruksi bertahap, seperti menentukan jarak titik ke bidang pada bangun ruang. Secara prosedural, siswa mampu menyebutkan rumus cepat ("cara cepat") yang sering beredar di konten media sosial (TikTok/Instagram Reels) atau memberikan hasil akhir yang benar karena bantuan aplikasi pemecah soal berbasis AI (seperti Photomath atau Qanda). Namun, ketika diminta untuk memvisualisasikan garis proyeksi tegak lurus yang merupakan esensi dari konsep jarak dan menuangkannya dalam sketsa manual, siswa mengalami kegagalan total.

Dalam observasi saat tes berlangsung, siswa dengan hambatan instrumental tampak gelisah dan kesulitan memulai langkah pertama tanpa gawai di tangan mereka. Wawancara dengan subjek S-088, siswa kelas XII dari sebuah SMA di Kota Cirebon, mempertegas fenomena "alih daya" (outsourcing) proses berpikir. Peneliti: "*Kamu bisa menjawab hasilnya 43 dengan benar, tapi kenapa gambar garis bantunya kosong?*". Siswa (S-088): "*Jujur Pak, biasanya kalau latihan soal di rumah, saya langsung scan soalnya pakai aplikasi. Nanti keluar langkah-langkahnya step-by-step, tinggal saya salin. Jadi saya tahu rumusnya pakai Pythagoras, tapi kalau disuruh tarik garis sendiri dari mana ke mananya tanpa lihat HP, saya blank. Saya bingung bayangan di kepala.*"

Pengakuan ini menyingkap inti dari hambatan instrumental pada Gen Z yaitu teknologi dipandang sebagai "Kotak Hitam" (*Black Box*). Siswa memasukkan *input* (soal) dan menerima *output* (jawaban) tanpa memahami proses yang terjadi di dalamnya. Dalam konteks budaya digital, ini adalah manifestasi dari efisiensi; namun dalam konteks epistemologi geometri, ini adalah bencana. Siswa kehilangan kesempatan untuk mengalami "konflik kognitif" yang diperlukan untuk membangun skema mental.

Ketergantungan ini menyebabkan pengetahuan siswa menjadi dangkal dan terfragmentasi. Mereka menguasai algoritma penyelesaian yang disediakan mesin, tetapi tidak memiliki *sense of space* (rasa keruangan). Akibatnya, ketika soal dimodifikasi sedikit saja sehingga tidak dapat dipindai oleh aplikasi, siswa tidak memiliki fleksibilitas berpikir untuk menyelesaiakannya. Hambatan ini menegaskan bahwa kemudahan akses teknologi di tahun 2025, jika tidak dikelola dengan strategi didaktis yang tepat, justru memutus rantai logika yang seharusnya dibangun melalui "perjuangan" manual dalam melukis dan membuktikan teorema geometri.

3.3. Hambatan Psikologis-Kognitif: Efek "Scroll Culture" pada Ketahanan Bukti

Hambatan ketiga yang terungkap bukanlah hambatan pada materi geometri itu sendiri, melainkan pada mekanisme berpikir yang dibutuhkan untuk memahaminya. Penelitian ini mengidentifikasi adanya fenomena penurunan ketahanan kognitif (*cognitive endurance*) yang signifikan di kalangan siswa Gen Z. Data menunjukkan bahwa dari 250 partisipan, hanya 12% yang mampu menuntaskan soal pembuktian yang membutuhkan lebih dari empat langkah logika berurutan, meskipun mereka memiliki pengetahuan prasyarat yang cukup.

Fenomena ini berkorelasi kuat dengan kebiasaan "*Scroll Culture*" atau budaya gulir cepat yang mendominasi keseharian siswa. Paparan terus-menerus terhadap konten mikro berdurasi pendek (TikTok, Instagram Reels, YouTube Shorts) yang menawarkan gratifikasi instan telah membentuk pola pikir yang menginginkan "jawaban cepat". Dalam pengerjaan soal geometri, hal ini bermanifestasi pada perilaku lompatan logika. Siswa cenderung menuliskan kesimpulan akhir "Terbukti" tanpa menyusun premis mayor dan minor secara lengkap. Mereka menganggap proses deduktif yang panjang sebagai formalitas yang "bertele-tele" dan tidak efisien.

Wawancara dengan S-201, siswa kelas XI yang sangat aktif di media sosial (skor adiksi digital tinggi), memberikan gambaran jelas mengenai hambatan psikologis. Peneliti: "Kenapa kamu berhenti di langkah kedua? Padahal untuk membuktikan segitiga ini kongruen, kamu butuh satu sifat lagi (Sisi-Sudut-Sisi)." Siswa (S-201): "Rasanya kelamaan, Pak. Kan sudah kelihatan sama bentuknya. Kalau harus ditulis semua alasannya satu-satu, jadi mager (malas gerak). Di otak saya sudah tahu jawabannya, kenapa harus dirinci lagi? Kayak nonton video yang durasinya 10 menit padahal intinya cuma di 1 menit terakhir, mending saya skip."

Analisis terhadap respons ini menunjukkan adanya benturan epistemologis yang serius. Geometri adalah disiplin ilmu yang menghargai proses dan ketatnya struktur logika; kebenaran tidak terletak pada hasil akhir semata, tetapi pada validitas argumen yang dibangun langkah demi langkah. Sebaliknya, mindset digital siswa menghargai kecepatan dan hasil akhir.

Bagi Gen Z tuntutan untuk berpikir lambat dan mendalam dalam geometri terasa "tidak natural" dan melelahkan secara mental. Hambatan ini menciptakan "tembok psikologis": begitu siswa melihat soal yang tidak bisa diselesaikan dalam satu atau dua langkah instan, mereka cenderung menyerah atau menebak secara acak, bukan karena tidak mampu, tetapi karena otak mereka telah terbiasa menolak beban kognitif yang berdurasi panjang.

4. Pembahasan

4.1. Mutasi Hambatan Epistemologis di Era Digital

Temuan penelitian ini menyingkap sebuah fenomena penting: hambatan belajar yang dialami siswa Gen Z bukan sekadar repetisi dari kesulitan belajar klasik, melainkan sebuah mutasi hambatan epistemologis yang dipicu oleh ekosistem digital. Dalam teori klasik Guy Brousseau, hambatan epistemologis didefinisikan sebagai pengetahuan yang pada konteks tertentu valid dan berguna (Gjone, 2024), namun menjadi penghalang ketika diterapkan pada konteks yang lebih kompleks (Azmi et al., 2025; Hendriyanto et al., 2024). Secara tradisional, hambatan ini bersumber dari intuisi naif atau keterbatasan pengalaman fisik siswa (Kandaga et al., 2022; Sudirman et al., 2023). Namun, penelitian ini menunjukkan bahwa sumber hambatan tersebut telah bergeser (bermutasi) dari "keterbatasan pengalaman fisik" menjadi "kebiasaan pengalaman digital".

Mutasi ini terlihat jelas pada transformasi Hambatan Visual-Perceptual. Pada era pra-digital, kesulitan geometri dimensi tiga umumnya bersumber dari ketidakmampuan siswa membayangkan ruang (keterbatasan spasial) (Husni Sabil et al., 2024; Lavicza et al., 2023). Sebaliknya, pada siswa Gen Z yang menjadi subjek penelitian ini, visualisasi bukanlah masalah utama karena mereka terbiasa melihat render 3D di game atau media sosial. Masalah baru yang muncul adalah validasi kebenaran. Teknologi digital menawarkan visualisasi "hiper-realitas" (Lisitano & Hickie, 2025) yang membuat siswa percaya penuh pada mata mereka. Pengetahuan yang "valid" di dunia digital (bahwa gambar 4K adalah representasi akurat realitas) menjadi penghalang epistemologis saat masuk ke ranah geometri Euklidien, di mana gambar hanyalah sketsa bantu dan kebenaran mutlak hanya ada pada struktur aksioma. Dengan kata lain, teknologi telah menyelesaikan masalah visualisasi, tetapi justru menciptakan masalah baru dalam hal abstraksi.

Selain itu, terjadi pergeseran dari hambatan yang bersifat ontogenik (perkembangan mental natural) menjadi hambatan yang bersifat kultural. Kebiasaan instan yang ditanamkan oleh algoritma media sosial dan aplikasi pemecah soal menciptakan apa yang disebut sebagai "Epistemologi Pragmatis" (Prediger et al., 2022; Ulfa & Hamdi, 2025). Bagi siswa, "memahami" bermakna "mengetahui jawaban akhir dengan cepat", sedangkan bagi matematika, "memahami" adalah "mampu merekonstruksi proses". Benturan antara epistemologi digital (cepat, visual, hasil) dengan epistemologi matematika (lambat, analitis, proses) inilah yang menjadi inti dari hambatan modern.

Temuan ini mengoreksi pandangan umum yang menganggap teknologi semata-mata sebagai solusi pendidikan. Data menunjukkan bahwa tanpa didactical engineering (rekayasa didaktis) yang tepat, alat-alat digital justru mempertebal dinding hambatan. Aplikasi instan memfasilitasi "Ilusi Kompetensi" (*Illusion of Competence*) (Dorel, 2023), di mana siswa merasa mampu karena alatnya mampu, padahal secara kognitif mereka tidak mengalami konstruksi konsep. Oleh karena itu, hambatan epistemologis geometri pada Gen Z tidak bisa lagi dipandang hanya sebagai defisit kognitif internal siswa, melainkan sebagai produk sampingan (by-product) dari interaksi intensif mereka dengan budaya digital yang tidak terkelola dalam pembelajaran.

4.2. Paradoks Teknologi: Fasilitator Visual, Penghalang Konseptual

Pembahasan selanjutnya menyoroti paradoks mendasar yang ditemukan dalam penelitian ini yaitu tingginya literasi digital siswa justru berkorelasi negatif dengan kemampuan abstraksi manual mereka. Secara teoritis, teknologi pendidikan (seperti Dynamic Geometry Software) dirancang sebagai "Jembatan Kognitif" untuk membantu siswa menyeberang dari pemikiran konkret ke abstrak (Cuesta, 2023; Guerrero-Ortiz & Camacho-Machín, 2022; Lisarelli, 2023). Namun, realitas empiris di lapangan menunjukkan fungsi sebaliknya. Bagi siswa Gen Z, teknologi sering kali berubah peran dari fasilitator menjadi substitutor.

Fenomena ini dapat dijelaskan melalui konsep instrumental genesis . Menurut Prata-Linhares *et al.* (2023), idealnya, ketika siswa menggunakan alat digital, alat tersebut harus menjadi bagian dari skema berpikir mereka (instrumentalisasi). Namun, kecanggihan algoritma Artificial Intelligence (AI) pada tahun 2025 telah membuat alat-alat ini terlalu otonom. Aplikasi pemecah soal tidak lagi menuntut siswa untuk berpikir, melainkan mengambil alih seluruh beban kognitif tersebut. Akibatnya, terjadi apa yang disebut sebagai "Pintas Metakognitif" (Metacognitive Bypass). Siswa mendapatkan jawaban benar tanpa perlu melewati perjuangan kognitif (cognitive struggle) yang sesungguhnya merupakan inti dari belajar geometri.

Paradoks ini terlihat nyata pada kontradiksi kemampuan siswa. Di satu sisi, mereka sangat mahir memanipulasi objek di layar (memutar, memperbesar bangun ruang), yang menunjukkan kecerdasan visual-spasial yang baik. Di sisi lain, kemahiran ini runtuh seketika saat alat dicabut. Hal ini mengindikasikan bahwa pemahaman geometri siswa bersifat situasional-teknologis; mereka hanya "bisa" jika ada alatnya.

Dalam perspektif didaktis, ini adalah bentuk hambatan epistemologis yang berbahaya karena bersifat laten (tersembunyi). Guru sering terkecoh menganggap siswa sudah paham karena hasil pengajaran tugas digital mereka sempurna. Padahal, teknologi tersebut bertindak sebagai protesis (kaki palsu) yang menyangga kelemahan siswa selamanya, bukan sebagai *scaffolding* (perancah) yang perlaha dilepas seiring meningkatnya kemandirian siswa. Alih-alih memfasilitasi pemahaman struktur logika geometri, teknologi justru menyembunyikan kompleksitas tersebut di balik antarmuka yang ramah pengguna (*user-friendly*), membiarkan siswa tetap berada di zona nyaman visual tanpa pernah menyentuh esensi deduktif matematika.

5. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa interaksi antara karakteristik kognitif Generasi Z dengan ekosistem budaya digital telah memicu mutasi hambatan epistemologis dalam pembelajaran geometri. Berdasarkan hasil studi terdapat tiga bentuk utama hambatan yang teridentifikasi adalah: (1) Hambatan Visual-Perceptual, di mana siswa terjebak pada validitas permukaan gambar ("what looks right is right") dan mengabaikan struktur aksiomatik; (2) Hambatan Instrumental, yakni ketergantungan pada algoritma aplikasi instan yang mematikan proses konstruksi mental mandiri; dan (3) Hambatan Psikologis, berupa rendahnya resiliensi kognitif dalam menghadapi prosedur pembuktian panjang akibat pengaruh budaya gratifikasi instan (*scroll culture*).

Temuan ini menegaskan bahwa teknologi digital bertindak sebagai "pedang bermata dua". Di satu sisi, ia mendemokratisasi akses visualisasi canggih hingga ke wilayah berkembang seperti Cirebon, namun di sisi lain, ia memfasilitasi "Ilusi Kompetensi". Siswa merasa menguasai materi karena bantuan alat, padahal secara epistemologis mereka belum mampu melakukan abstraksi logis. Oleh karena itu, integrasi teknologi dalam kelas geometri tidak boleh lagi dipandang sekadar sebagai modernisasi alat peraga. Diperlukan strategi rekayasa didaktis (didactical engineering) yang spesifik untuk mitigasi efek samping budaya digital. Pendidik perlu merancang situasi pembelajaran yang sengaja membenturkan intuisi visual siswa dengan fakta logika (konflik kognitif), serta mengembalikan porsi signifikan pada aktivitas pembuktian manual untuk melatih ketahanan berpikir. Geometri di era Gen Z harus diajarkan bukan hanya sebagai ilmu ruang, tetapi sebagai antidot (penawar) bagi pola pikir dangkal yang ditawarkan oleh algoritma digital. Penelitian ini diharapkan berkontribusi sebagai landasan perancangan strategi didaktis untuk memitigasi efek negatif budaya berpikir instan, menekankan pentingnya transisi dari visualisasi digital menuju pembuktian analitis yang ketat.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, R. D., Susiswo, Sa'dijah, C., & Sukoriyanto. (2024). *Obstacles student mathematics semantic representation to solving geometry problems*. 030001. <https://doi.org/10.1063/5.0194841>
- Alghadari, F., Arisha, B., Hidayah, N., Saparuddin, S., & Dharma, B. E. (2025). Uncovering Gaps in Deductive Geometry Thinking: Rasch-Based Evidence from Students' Work on Quadratic Functions. *Journal of Instructional Mathematics*, 6(2), 117–129.
- Almubarak, M., Maat, S. M., & Mahmud, M. S. (2025). Evolving three decades of geometry learning strategies: A combination of bibliometric analysis and systematic review. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(6), em2654. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16515>
- Amalia, S., Supriadi, S., & Arisetyawan, A. (2025). Problem-Based Learning with Pop-Up Books to Boost Mathematical Critical Thinking in 6th Grade Geometry. *Journal of Innovation and Research in Primary Education*, 4(4), 3682–3698. <https://doi.org/10.56916/jirpe.v4i4.2471>
- Azmi, M. P., Purwanto, P., Anwar, L., & Muksar, M. (2025). Epistemological Obstacles in Solving 2D Geometry Problems Using Adversity Quotient. *TEM Journal*, 203–215. <https://doi.org/10.18421/TEM141-19>
- Cahdriyana, R. A., & Sintawati, M. (2024). Epistemological obstacle on the topic of prism: A phenomenological study. *Journal of Honai Math*, 7(3), 437–450. <https://doi.org/10.30862/jhm.v7i3.674>
- Cuesta, W. R. (2023). Tasks to promote argumentation in math class based on Dynamic Geometry Software. *Rastros Abas Hidayat / Hambatan Epistemologis Geometri dalam Konteks Budaya Digital Gen Z*

- Rostros, 25(2), 1.
- Dorel, L. (2023). The Relationship Between Visual and Abstract Comprehension in Spatial Geometry, and its Importance to Developing Spatial Perception and Vision. *International Journal for Technology in Mathematics Education*, 30(4), 219–226. https://doi.org/10.1564/tme_v30.4.3
- Downton, A., & Livy, S. (2022). Insights into Students' Geometric Reasoning Relating to Prisms. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 20(7), 1543–1571. <https://doi.org/10.1007/s10763-021-10219-5>
- Facciaroni, L., Gambini, A., & Mazza, L. (2023). The difficulties in geometry: A quantitative analysis based on results of mathematics competitions in Italy. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(2), 259–270.
- Gjone, G. (2024). Review – Theory of Didactical Situations in Mathematics. *Didactique des Mathématiques*, 1970–1990. *NOMAD Nordic Studies in Mathematics Education*, 7(1). <https://doi.org/10.7146/nomad.v7i1.146659>
- Guerrero-Ortiz, C., & Camacho-Machín, M. (2022). Characterizing Tasks for Teaching Mathematics in Dynamic Geometry System and Modelling Environments. *Mathematics*, 10(8), 1239. <https://doi.org/10.3390/math10081239>
- Haj Yahya, A., & Hershkowitz, R. (2024). Interference of prototypical geometry representations in students' construction of concepts and development of proofs. *Mathematical Thinking and Learning*, 1–22. <https://doi.org/10.1080/10986065.2024.2386619>
- Hendriyanto, A., Suryadi, D., Juandi, D., Dahlan, J. A., Hidayat, R., Wardat, Y., Sahara, S., & Muhaimin, L. H. (2024). The didactic phenomenon: Deciphering students' learning obstacles in set theory. *Journal on Mathematics Education*, 15(2), 517–544. <https://doi.org/10.22342/jme.v15i2.pp517-544>
- Husni Sabil, Sela Michella O. U. Simanjuntak, Dewi Iriani, & Ranisa Junita. (2024). Analysis of Students' Spatial Ability in Geometry Material. *JPI (Jurnal Pendidikan Indonesia)*, 13(3), 436–448. <https://doi.org/10.23887/jpiundiksha.v13i3.77083>
- Jablonski, S., & Ludwig, M. (2023). Teaching and Learning of Geometry—A Literature Review on Current Developments in Theory and Practice. *Education Sciences*, 13(7), 682. <https://doi.org/10.3390/educsci13070682>
- Kandaga, T., Rosjanuardi, R., & Juandi, D. (2022). Epistemological Obstacle in Transformation Geometry Based on van Hiele's Level. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(4), em2096. <https://doi.org/10.29333/ejmste/11914>
- Kyaw, K. M., & Vidákovich, T. (2025). The relationship between spatial reasoning and geometric reasoning in teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 21(8), em2684. <https://doi.org/10.29333/ejmste/16718>
- Lavicza, Z., Abar, C. A. A. P., & Tejera, M. (2023). Spatial geometric thinking and its articulation with the visualization and manipulation of objects in 3D. *Educação Matemática Pesquisa Revista Do Programa de Estudos Pós-Graduados Em Educação Matemática*, 25(2), 258–277.
- Lepore, M. (2024). A holistic framework to model student's cognitive process in mathematics education through fuzzy cognitive maps. *Heliyon*, 10(16), e35863. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35863>
- Lisarelli, G. (2023). Transition Tasks for Building Bridges Between Dynamic Digital Representations and Cartesian Graphs of Functions. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 9(1), 31–55. <https://doi.org/10.1007/s40751-022-00121-2>
- Lisitano, F., & Hickie, J. (2025). Planet Vire: The Apex of Digital Realism and Spatial Interaction. In F. Lisitano & J. Hickie (Eds.), *The Evolune Metaverse: Meta-Avatars, Spatial Computing, and the Evolution of Humans with AI* (pp. 417–501). Apress. https://doi.org/10.1007/979-8-8688-1588-1_8
- Peredy, Z., Vigh, L., Wei, Q., & Jiang, M. (2024). Analysing generation Z communication attitudes, values and norms. *Acta Periodica (Edutus)*, 30, 4–19.
- Prata-Linhares, M., da Fontoura, H. A., & de Almeida Pimenta, M. A. (2023). From Instrumentalization to Integration of Technologies for Creative Teaching: Transformations in Times of Crisis. In *Teacher Education in the Wake of Covid-19: ISATT 40th Anniversary Yearbook* (pp. 159–174). <https://doi.org/10.1108/S1479-368720230000041018>
- Prediger, S., Götz, D., Holzapfel, L., Rösken-Winter, B., & Selter, C. (2022). Five principles for high-quality mathematics teaching: Combining normative, epistemological, empirical, and pragmatic perspectives for specifying the content of professional development. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.969212>
- Roche, C. M., & Szobonya, P. E. (2022). Transformational soft power of generation Z: analysis of the geo-culturalization of the landscape. *JIL*, 391.
- Salman Farid, A. (2024). Dynamics of Changes in Literacy Culture in the Social Media Era: Comparative Study of the Millennial Generation and Generation Z. *KnE Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v9i12.15885>

- Sudirman, S., Kusumah, Y. S., Martadiputra, B. A. P., & Runisah, R. (2023). Epistemological obstacle in 3D geometry thinking: Representation, spatial structuring, and measurement. *Pegem Journal of Education and Instruction*, 13(4), 292–301.
- Ulfa, N., & Hamdi, D. M. (2025). Analisis kesalahan mahasiswa dalam menyelesaikan soal aljabar dan geometri ditinjau dari learning obstacle epistemologis dan ontogeni. *Kognitif: Jurnal Riset HOTS Pendidikan Matematika*, 5(2), 740–758.
- Wang, M., Mohd Matore, M. E. E., & Rosli, R. (2025). A systematic literature review on analytical thinking development in mathematics education: trends across time and countries. *Frontiers in Psychology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2025.1523836>