



Mendesain Ulang Pembelajaran Kalkulus di Era Digital: Integrasi Eksplorasi Interaktif dan Aplikasi Interdisipliner

M. Rio Andrian Caesar¹, Nur Azizah², Reni Tri Djayanti³, Syaputri Kharisma Rahmadillah⁴,
Modi Pratama⁵, M. Win Afgani⁶

Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Fatah Palembang,
Jl. Prof. K. H. Zainal Abidin Fikri No.Km.3, RW.05, Pahlawan, Kecamatan Kemuning, Kota Palembang,
Sumatera Selatan 30126); caisarrio29@gmail.com¹

Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Fatah Palembang,
Jl. Prof. K. H. Zainal Abidin Fikri No.Km.3, RW.05, Pahlawan, Kecamatan Kemuning, Kota Palembang,
Sumatera Selatan 30126); nura267235@gmail.com²

Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Fatah Palembang,
Jl. Prof. K. H. Zainal Abidin Fikri No.Km.3, RW.05, Pahlawan, Kecamatan Kemuning, Kota Palembang,
Sumatera Selatan 30126); renitrijayanti@gmail.com³

Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Fatah Palembang,
Jl. Prof. K. H. Zainal Abidin Fikri No.Km.3, RW.05, Pahlawan, Kecamatan Kemuning, Kota Palembang,
Sumatera Selatan 30126); syaputrikharismaa19@gmail.com⁴

Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Fatah Palembang,
Jl. Prof. K. H. Zainal Abidin Fikri No.Km.3, RW.05, Pahlawan, Kecamatan Kemuning, Kota Palembang,
Sumatera Selatan 30126); modipratama48@gmail.com⁵

Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Fatah Palembang,
Jl. Prof. K. H. Zainal Abidin Fikri No.Km.3, RW.05, Pahlawan, Kecamatan Kemuning, Kota Palembang,
Sumatera Selatan 30126); muhammadwinafgani_uin@radenfatah.ac.id⁶

Abstract

Calculus is a foundational course in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) programs, yet it often hinders students because of its abstract concepts and predominantly static instructional approaches. Digital technology offers opportunities for transformation, but previous studies remain fragmented: to the authors' knowledge, no framework simultaneously integrates interactive exploration, interdisciplinary applications, and artificial intelligence (AI). This study examines the redesign of calculus learning in the digital era and formulates principles for the prudent use of AI. A library research design was employed. Literature published between 2016 and 2026 was retrieved from Google Scholar, ScienceDirect, and Portal Garuda and analyzed using qualitative content analysis. The synthesis yields three pillars: (1) interactive visual technology (GeoGebra and augmented reality) to bridge conceptual understanding; (2) interdisciplinary connections through real-world projects, practitioner collaboration, and local cultural contexts; and (3) five strategies for prudent AI use, namely AI as an assistant rather than a substitute for reasoning, critical verification of AI output, restriction to formative stages, integration with collaborative discussion, and consideration of mathematics-specific AI tools. Integrating the three pillars is proposed as a means of making calculus learning more meaningful and applicable while preserving students' independent reasoning. Recommendations are directed to educators (AI literacy training), researchers (empirical testing of the framework), and policymakers (official guidelines).

Keywords: Calculus, Learning Design, Digital Era, Interactive Exploration, Wise Artificial Intelligence

Abstrak

Kalkulus merupakan mata kuliah fundamental pada program STEM, tetapi kerap menjadi hambatan akademik akibat konsep yang abstrak dan pendekatan pembelajaran yang cenderung statis. Era digital membuka peluang transformasi, namun penelitian terdahulu masih bersifat parsial: berdasarkan penelusuran penulis, belum ada kerangka yang mengintegrasikan eksplorasi interaktif, aplikasi interdisipliner, dan kecerdasan buatan (AI) secara simultan. Penelitian ini bertujuan mengkaji desain ulang pembelajaran kalkulus di era digital dan merumuskan prinsip pemanfaatan AI yang bijak. Desain penelitian yang digunakan ialah studi kepustakaan. Literatur terbitan 2016–2026 ditelusuri melalui Google Scholar, ScienceDirect, dan Portal Garuda, kemudian dianalisis dengan analisis isi kualitatif. Sintesis kajian menghasilkan tiga pilar: (1) teknologi visual interaktif (GeoGebra dan augmented reality) untuk menjembatani pemahaman konseptual; (2) penguatan koneksi interdisipliner melalui proyek nyata, kolaborasi praktisi, dan konteks budaya lokal; serta (3) lima strategi pemanfaatan AI yang bijak, yaitu AI sebagai asisten (bukan pengganti nalar), verifikasi kritis terhadap keluaran AI, pembatasan pada tahap formatif, integrasi dengan diskusi kolaboratif, dan pertimbangan penggunaan alat AI khusus matematika. Integrasi ketiga pilar diusulkan untuk menjadikan pembelajaran kalkulus lebih bermakna dan aplikatif tanpa mengurangi penalaran mandiri mahasiswa. Rekomendasi ditujukan kepada pendidik (pelatihan literasi AI), peneliti (uji empiris kerangka), dan pengambil kebijakan (pedoman resmi).

Kata kunci: Kalkulus, Desain pembelajaran, Era Digital, Eksplorasi Interaktif, Kecerdasan Buatan Bijak

INFO ARTIKEL

ISSN : 2733-0597 e-ISSN : 2733-0600 Doi : 10.30587/postulat.v7i1.11686	Jejak Artikel Submit Artikel: 17 Mei 2026 Submit Revisi: 1 Juni 2026 Upload Artikel: 24 Juli 2026
---	--

PENDAHULUAN

Kalkulus merupakan mata kuliah fundamental yang menopang kajian lanjut pada bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM). Meskipun demikian, kajian pendidikan matematika menunjukkan bahwa mata kuliah ini kerap menjadi hambatan akademik bagi mahasiswa (Bressoud dkk., 2016; Rasmussen dkk., 2014). Al-haytsam (2025) melaporkan bahwa lebih dari 60% mahasiswa tingkat awal belum menyelesaikan mata kuliah kalkulus integral secara optimal, sedangkan Septiani & Harisman (2025) menemukan variasi tingkat pemahaman mahasiswa pendidikan matematika dalam menyelesaikan masalah integral dan diferensial. Kesulitan tersebut tidak semata-mata bersumber dari kompleksitas perhitungan, tetapi juga dari tuntutan penguasaan konsep abstrak, seperti limit, turunan parsial, dan visualisasi grafik fungsi. Tall & Vinner (1981) menunjukkan bahwa gambaran konsep (*concept image*) yang terbentuk pada mahasiswa dapat berbeda dari definisi formal konsep limit dan kekontinuan. Selain itu, ketergantungan pada buku teks konvensional yang bersifat statis menyulitkan mahasiswa membayangkan objek matematis secara dinamis (Takaendengan dkk., 2024). Kondisi ini menimbulkan kesenjangan antara potensi kalkulus sebagai alat analisis yang kuat dan kemampuan mahasiswa menginternalisasi konsep-konsepnya.

Di sisi lain, perkembangan teknologi digital membuka peluang untuk mengatasi tantangan pedagogis tersebut. Meta-analisis menunjukkan bahwa perangkat digital pada umumnya berdampak positif terhadap pembelajaran matematika dan sains di sekolah menengah (Hillmayr dkk., 2020), sementara perangkat lunak matematika dinamis seperti GeoGebra memperluas konsep geometri dinamis ke ranah aljabar dan kalkulus (Hohenwarter & Preiner, 2007). Pada jenjang pendidikan tinggi, penggunaan GeoGebra dilaporkan meningkatkan pemahaman konseptual integral tentu (Adhikari, 2021), dan pengembangan e-modul berbasis GeoGebra menunjukkan potensi serupa (Susilowati dkk., 2026). Pengembangan sumber belajar digital interaktif dalam pendidikan matematika di Indonesia juga terus berlangsung (Fachmi & Agustina, 2025).

Beragam penelitian telah mengkaji pemanfaatan perangkat lunak interaktif seperti GeoGebra, *augmented reality* (AR) untuk pembelajaran kalkulus (Rahman dkk., 2024; Swidan dkk., 2025), serta pendekatan interdisipliner berbasis etno-STEM (Saraswati dkk., 2025). Kehadiran kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI) generatif, seperti ChatGPT, turut menghadirkan peluang sekaligus tantangan baru dalam pembelajaran matematika (Aryani dkk., 2026; Kasneci dkk., 2023). Namun, berdasarkan penelusuran penulis, kajian-kajian tersebut cenderung parsial: sebagian berfokus pada visualisasi tanpa menghubungkannya dengan aplikasi dunia nyata, sebagian mengintegrasikan konteks interdisipliner tanpa memanfaatkan teknologi interaktif secara optimal, dan kajian tentang AI umumnya berdiri terpisah dari kedua aspek tersebut. Dengan demikian, celah penelitian (*research gap*) yang hendak diisi artikel ini ialah belum tersedianya kerangka desain ulang pembelajaran kalkulus yang mengintegrasikan eksplorasi interaktif, aplikasi interdisipliner, dan pemanfaatan AI secara simultan.

Tujuan artikel ini adalah mengkaji secara konseptual desain ulang pembelajaran kalkulus di era digital melalui integrasi eksplorasi interaktif dan aplikasi interdisipliner, serta merumuskan prinsip pemanfaatan AI yang bijak. Kajian dipandu oleh tiga pertanyaan penelitian: (1) tantangan fundamental apa dalam pembelajaran kalkulus yang dapat diatasi dengan dukungan teknologi; (2) bagaimana eksplorasi interaktif dan pendekatan interdisipliner dapat diintegrasikan; dan (3) bagaimana prinsip pemanfaatan AI yang bijak dalam konteks tersebut. Hasil kajian diharapkan menjadi landasan konseptual bagi pendidik dan peneliti dalam merancang pembelajaran kalkulus yang lebih efektif, relevan, dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain studi kepustakaan (*library research*), yaitu penelusuran, penelaahan, dan sintesis informasi dari sumber tertulis untuk menjawab

pertanyaan penelitian tanpa pengumpulan data lapangan (Sari & Asmendra, 2020; Zed, 2008). Desain ini dipilih karena tujuan penelitian bersifat konseptual, yakni merumuskan kerangka desain pembelajaran kalkulus berdasarkan temuan-temuan terdahulu.

Sumber data dikelompokkan menjadi dua kategori. Sumber primer berupa artikel jurnal ilmiah terbitan 2016–2026 yang membahas inovasi pembelajaran kalkulus berbasis teknologi, penggunaan aplikasi eksplorasi interaktif seperti GeoGebra dan CalcPlot3D, pendekatan interdisipliner, serta pemanfaatan AI dalam pembelajaran matematika. Sumber sekunder meliputi buku, skripsi, laporan program, dan laman resmi program studi sebagai pelengkap analisis. Rujukan fondasional yang terbit sebelum 2016 (Tall & Vinner, 1981; Habre & Abboud, 2006; Hohenwarter & Preiner, 2007; Rasmussen dkk., 2014) dan rujukan metodologis (Zed, 2008; Elo & Kyngäs, 2008) digunakan sebagai landasan teoretis dan metodologis, bukan sebagai bukti empiris terkini.

Penelusuran dilakukan pada Google Scholar, ScienceDirect, dan Portal Garuda dengan kata kunci “redesigning calculus learning”, “interactive exploration in calculus”, “digital tools for calculus”, dan “pembelajaran kalkulus interaktif”, serta kata kunci terkait kecerdasan buatan dalam pembelajaran matematika. Seleksi literatur mengacu pada tiga kriteria: (1) kesesuaian topik dengan pertanyaan penelitian, (2) kemutakhiran terbitan, dan (3) kredibilitas sumber, yang dinilai dari keberadaan sumber pada jurnal atau penerbit yang kredibel serta ketersediaan identitas penulis dan data publikasi (DOI atau tautan yang dapat diakses). Literatur yang memenuhi kriteria kemudian diklasifikasikan berdasarkan tema: tantangan pembelajaran kalkulus, integrasi teknologi interaktif, aplikasi interdisipliner, dan pemanfaatan AI.

Data dianalisis dengan analisis isi kualitatif (*qualitative content analysis*; Elo & Kyngäs, 2008) melalui tiga tahap. Pertama, reduksi data, yaitu perangkuman informasi yang berkaitan dengan tantangan pembelajaran kalkulus, integrasi teknologi, pendekatan interdisipliner, dan pemanfaatan AI. Kedua, penyajian data dalam bentuk uraian tematik yang sistematis. Ketiga, penarikan simpulan melalui interpretasi dan sintesis untuk merumuskan kerangka desain ulang pembelajaran kalkulus. Keabsahan data diupayakan melalui triangulasi teori, yaitu membandingkan perspektif dari berbagai sumber, serta pembacaan berulang terhadap literatur utama.

HASIL PENELITIAN

Tantangan Fundamental dalam Pembelajaran Kalkulus

Kalkulus menyajikan konsep abstrak, seperti limit, turunan, dan integral, yang menuntut koordinasi antara representasi simbolik, grafis, dan numerik. Survei riset kalkulus menyimpulkan bahwa sifat kalkulus yang sangat formal menjadi sumber kesulitan, baik dalam pembelajaran maupun pengajaran (Bressoud dkk., 2016; Rasmussen dkk., 2014). Pemahaman konseptual mengenai fungsi dan turunannya, misalnya, telah lama menjadi fokus penelitian pada perkuliahan kalkulus (Habre & Abboud, 2006). Tall & Vinner (1981) menjelaskan salah satu mekanismenya: gambaran konsep yang dibangun mahasiswa melalui pengalaman belajar tidak selalu selaras dengan definisi formal, sehingga penalaran mahasiswa kerap bertumpu pada gambaran intuitif, bukan pada definisi.

Bukti empiris dalam konteks Indonesia menunjukkan pola yang serupa. Studi kasus kualitatif terhadap tiga mahasiswa pendidikan matematika menemukan tingkat pemahaman integral dan diferensial pada kategori sedang dan tinggi (Septiani & Harisman, 2025), sedangkan laporan skripsi mengindikasikan bahwa sebagian besar mahasiswa tingkat awal belum optimal dalam kalkulus integral (Al-haytsam, 2025). Faktor pedagogis turut berperan: pembelajaran yang bertumpu pada papan tulis dan buku teks statis kurang membantu mahasiswa menjembatani representasi simbolik dan visual (Takaendengan dkk., 2024). Perlu dicatat bahwa partisipan pada studi Septiani & Harisman (2025) sangat terbatas sehingga temuannya bersifat kontekstual dan tidak dapat digeneralisasi.

Peluang Integrasi Teknologi dalam Pembelajaran Kalkulus

Hasil sintesis menunjukkan bahwa teknologi digital dapat berfungsi sebagai sarana untuk merepresentasikan konsep kalkulus secara dinamis dan saling terhubung. Meta-analisis Hillmayr dkk. (2020) melaporkan efek positif perangkat digital terhadap hasil belajar matematika dan sains di sekolah menengah, meskipun besarnya efek bergantung pada konteks dan cara penggunaan perangkat; transfer temuan ini ke jenjang pendidikan tinggi perlu dilakukan secara hati-hati. GeoGebra memungkinkan pengguna menghubungkan representasi geometris, aljabar, dan kalkulus dalam satu lingkungan (Hohenwarter & Preiner, 2007). Pada kalkulus integral, mahasiswa dapat melihat secara langsung representasi grafis luas daerah di bawah kurva dan volume benda putar (Tim Website P.Mat., 2025). Swidan & Fried (2021) melaporkan bahwa pada 13 pasang siswa berusia 17 tahun yang belum mempelajari integral, representasi yang terhubung (grafik fungsi, grafik fungsi akumulasi, dan tabel nilai akumulasi) memunculkan sembilan fokus kesadaran dalam memahami teorema dasar kalkulus.

Kekuatan bukti efektivitas pada jenjang perguruan tinggi bervariasi menurut desain penelitiannya. Adhikari (2021), melalui kuasi-eksperimen pada 52 mahasiswa pascasarjana, melaporkan skor pascates pemahaman konseptual integral tentu yang lebih tinggi secara

signifikan pada kelompok yang belajar dengan modul GeoGebra. Sebaliknya, Susilowati dkk. (2026) dan Fachmi & Agustina (2025) menggunakan desain penelitian dan pengembangan dengan uji coba terbatas (masing-masing pada 21 mahasiswa serta 10 siswa dan guru); hasilnya menunjukkan kelayakan dan potensi efektivitas, tetapi belum membuktikan dampak kausal. Fachmi & Agustina (2025) yang mengembangkan modul interaktif berisi simulasi GeoGebra pada materi lingkaran juga mencatat kendala berupa ketergantungan pada jaringan internet dan keterbatasan fungsi pada layar kecil, yang relevan dipertimbangkan dalam merancang pembelajaran kalkulus berbasis web.

Eksplorasi Interaktif sebagai Jembatan Pemahaman Konseptual

GeoGebra, sebagai perangkat lunak matematika dinamis yang bersifat sumber terbuka, memungkinkan mahasiswa tidak hanya mengamati tetapi juga memanipulasi objek matematis, misalnya mengubah parameter fungsi dan mengamati dampaknya pada luas daerah atau volume benda putar (Hohenwarter & Preiner, 2007). Tinjauan literatur tentang AI dalam pembelajaran matematika juga melaporkan bahwa pengalaman belajar interaktif berdampak positif pada motivasi dan keterlibatan siswa (Aryani dkk., 2026).

Augmented reality menambah dimensi baru dalam eksplorasi interaktif. Edisi khusus tentang AR dalam pembelajaran kalkulus menyoroti bahwa penelitian AR sebelumnya lebih banyak menekankan manfaat motivasional dan visualisasi, sedangkan pemahaman tentang bagaimana AR membentuk aktivitas dan pemaknaan matematis masih terbatas (Swidan dkk., 2025). Aplikasi *Touch the Derivative*, misalnya, memungkinkan pembelajar menelusuri grafik fungsi melalui gerakan tangan sementara grafik turunannya ditampilkan secara waktu nyata, sehingga hubungan antara fungsi dan turunannya dieksplorasi secara *embodied* (Swidan dkk., 2025).

Aspek sosial pembelajaran juga perlu diperhitungkan. Rahman dkk. (2024) mengembangkan aplikasi AR untuk materi volume benda putar yang memadukan interaksi manusia–sistem (AR berbasis penanda) dan interaksi antarmanusia (fitur percakapan). Berdasarkan kuasi-eksperimen pratest–pascatest pada 55 responden, kedua jenis interaksi berpengaruh positif terhadap pengalaman belajar, dengan pengaruh interaksi antarmanusia ($\beta = 0,537$) lebih besar daripada interaksi manusia–sistem ($\beta = 0,313$); kinerja belajar juga meningkat dari pratest ke pascatest. Temuan ini mengindikasikan bahwa teknologi sebaiknya dirancang untuk memfasilitasi kolaborasi, bukan menggantikan interaksi sosial dalam pembelajaran.

Aplikasi Interdisipliner: Menjembatani Teori dan Praktik

Relevansi kalkulus bagi disiplin lain perlu dihadirkan secara eksplisit agar mahasiswa memandang kalkulus sebagai alat pemecahan masalah, bukan sekadar latihan prosedural. Program Praktisi Mengajar pada mata kuliah kalkulus integral di Universitas Negeri Surabaya merupakan salah satu inisiatif yang mengintegrasikan teknologi untuk menjembatani teori dan praktik (Suwaji, 2025; Tim Website P.Mat., 2025). Melalui program tersebut, mahasiswa mempelajari konsep integral sekaligus melihat penggunaan perangkat seperti GeoGebra dalam pemecahan masalah profesional, misalnya di bidang teknik, *data science*, atau analitika data. Perlu dicatat bahwa rujukan tentang program ini bersumber dari laporan dan laman institusi sehingga belum memuat evaluasi dampak yang independen.

Pendekatan interdisipliner juga diwujudkan melalui integrasi konteks budaya lokal. Saraswati dkk. (2025) menyajikan contoh penerapan integral pada struktur bangunan Museum Islam Indonesia K.H. Hasyim Asy'ari di Jombang dalam pendekatan etno-STEM berbantuan AR, sehingga perhitungan luas bidang, volume benda putar, dan panjang busur terkait langsung dengan objek nyata di lingkungan mahasiswa. Dukungan empiris yang lebih luas ditunjukkan oleh meta-analisis terhadap 15 studi yang melaporkan bahwa AR berbasis etnomatematika meningkatkan kemampuan matematis siswa pada berbagai materi, dengan besaran efek yang dipengaruhi oleh materi yang dipelajari (Tamur dkk., 2025). Tinjauan sistematis penelitian etnomatematika di Indonesia juga merekomendasikan pemanfaatan lebih banyak produk budaya dan media pembelajaran digital (Iffah dkk., 2025). Dengan demikian, konteks nyata dan budaya lokal dapat berfungsi sebagai jangkar kontekstual yang mempermudah pemahaman konsep, terutama bagi mahasiswa yang kesulitan memaknai notasi simbolik.

Kecerdasan Buatan: Peluang, Tantangan, dan Strategi Pemanfaatan yang Bijak

Kehadiran *chatbot* generatif seperti ChatGPT membuka kemungkinan bagi mahasiswa untuk berdialog dan berargumentasi tentang konsep kalkulus, tetapi juga membawa risiko yang perlu dikelola (Kasneci dkk., 2023). Urhan dkk. (2024) menganalisis argumentasi antara seorang mahasiswa dan ChatGPT mengenai kasus ketika garis singgung tidak dapat ditarik pada grafik fungsi. ChatGPT memberikan dukungan yang bermanfaat dalam penalaran tentang definisi kekontinuan, turunan, dan garis singgung, tetapi responsnya bermasalah ketika membahas hubungan antara kekontinuan dan turunan serta makna geometris turunan. Penulis studi tersebut menyimpulkan bahwa penggunaan ChatGPT untuk penalaran matematis menuntut pengetahuan awal kalkulus karena jawabannya dapat membingungkan atau menyesatkan pengguna.

Gandolfi (2025) menguji GPT-3.5 dan GPT-4 pada soal kalkulus tingkat perguruan tinggi. GPT-4 mencapai akurasi sekitar 65% pada soal standar dan sekitar 20% pada soal

bergaya kompetisi, dengan kesalahan aritmetika sebagai sumber ketidakandalan utama. Pada tugas penilaian jawaban, skor GPT-4 mendekati skor penilai manusia tetapi kadang terganggu oleh halusinasi dan hilangnya koherensi. Tinjauan literatur yang dipublikasikan dalam *Postulat: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika* juga mengidentifikasi hambatan utama pemanfaatan AI, yaitu ketidakkonsistenan akurasi informasi, ketergantungan pada teknologi, dan keterbatasan literasi digital, serta menekankan perlunya pengawasan pendidik (Aryani dkk., 2026). Temuan-temuan ini menegaskan bahwa peran pendidik tetap sentral sebagai fasilitator dan validator pemahaman mahasiswa.

Berdasarkan temuan tersebut, penulis merumuskan lima strategi pemanfaatan AI yang bijak bagi pendidik dan mahasiswa.

Strategi 1: AI sebagai asisten pemecahan masalah, bukan pengganti nalar. Karena penggunaan AI untuk penalaran matematis menuntut pengetahuan awal (Urhan dkk., 2024), mahasiswa sebaiknya menyelesaikan soal secara mandiri terlebih dahulu, kemudian memanfaatkan AI untuk memeriksa langkah penyelesaian, mencari solusi alternatif, atau memperoleh penjelasan konsep yang belum dipahami. Pendidik dapat mewajibkan lampiran “log dialog dengan AI” sebagai bagian dari refleksi agar proses berpikir mahasiswa menjadi transparan.

Strategi 2: verifikasi kritis terhadap keluaran AI. Mengingat akurasi AI tidak konsisten dan rentan terhadap halusinasi, yakni informasi keliru yang disajikan secara meyakinkan (Aryani dkk., 2026; Gandolfi, 2025), mahasiswa perlu dibekali keterampilan memeriksa jawaban AI melalui sumber tepercaya seperti buku teks atau jurnal. Pendidik dapat menyelenggarakan sesi literasi AI dalam perkuliahan kalkulus, misalnya dengan membandingkan solusi AI dengan solusi dosen atau literatur.

Strategi 3: pembatasan penggunaan AI pada tahap formatif. AI dapat memberikan umpan balik instan terhadap latihan mandiri pada tahap eksplorasi. Penilaian sumatif, seperti tugas akhir atau ujian, sebaiknya tetap melibatkan dosen karena penilaian oleh model bahasa besar kadang terganggu halusinasi dan hilangnya koherensi, sedangkan kolaborasi antara penilai manusia dan model bahasa dipandang dapat saling menutup kelemahan (Gandolfi, 2025). Pembatasan ini juga mengurangi potensi kecurangan akademik dan membantu memastikan bahwa mahasiswa benar-benar menguasai konsep.

Strategi 4: integrasi AI dengan pendekatan pedagogis kolaboratif. Karena interaksi antarmanusia memberikan pengaruh yang lebih besar daripada interaksi manusia–sistem (Rahman dkk., 2024), AI sebaiknya berperan sebagai pemicu diskusi, bukan pengganti diskusi. Sebagai contoh, dosen dapat meminta mahasiswa berargumentasi dengan ChatGPT mengenai

suatu teorema kalkulus, lalu mempresentasikan kelebihan dan kelemahan argumen AI di depan kelas (Urhan dkk., 2024).

Strategi 5: pertimbangan penggunaan alat AI khusus matematika. Platform seperti Wolfram Alpha, Symbolab, atau Photomath dirancang untuk menangani notasi dan penalaran matematis sehingga berpotensi lebih akurat daripada *chatbot* umum. Namun, studi yang ditelaah dalam artikel ini belum membandingkan alat-alat tersebut secara langsung; strategi ini karena itu masih berupa usulan yang perlu diuji secara empiris.

Sintesis dan Diskusi: Menuju Desain Pembelajaran Kalkulus yang Terintegrasi

Berdasarkan pembahasan di atas, desain ulang pembelajaran kalkulus di era digital diusulkan bertumpu pada tiga pilar yang dirangkum pada Tabel 1.

Tabel 1. Sintesis kerangka tiga pilar desain ulang pembelajaran kalkulus

Pilar	Tujuan pedagogis	Bentuk implementasi	Rujukan utama
1. Teknologi visual dan interaktif	Menjembatani representasi simbolik dan visual serta membangun pemahaman konseptual	GeoGebra untuk luas daerah dan volume benda putar; AR (mis. <i>Touch the Derivative</i>)	Adhikari (2021); Hohenwarter & Preiner (2007); Susilowati dkk. (2026); Swidan dkk. (2025)
2. Koneksi interdisipliner dan kontekstual	Meningkatkan relevansi dan kebermaknaan kalkulus bagi mahasiswa	Praktisi Mengajar; proyek berbasis masalah nyata; konteks budaya lokal (etno-STEM)	Suwaji (2025); Saraswati dkk. (2025); Tamur dkk. (2025); Iffah dkk. (2025)
3. Pemanfaatan AI yang bijak	Mendukung penalaran dan umpan balik tanpa menggantikan nalar mahasiswa	Lima strategi: asisten, verifikasi kritis, tahap formatif, diskusi kolaboratif, alat khusus matematika	Urhan dkk. (2024); Gandolfi (2025); Rahman dkk. (2024); Aryani dkk. (2026); Kasneci dkk. (2023)

Temuan ini sejalan dengan studi terdahulu yang melaporkan manfaat teknologi visual bagi pemahaman konseptual kalkulus (Adhikari, 2021; Hillmayr dkk., 2020; Susilowati dkk., 2026). Kajian ini melangkah lebih jauh dengan menyatukan tiga pilar sekaligus, sedangkan studi-studi terdahulu cenderung menelaah satu atau dua pilar secara terpisah. Ketiga pilar perlu diimplementasikan secara simultan dalam ekosistem pembelajaran yang mendukung kolaborasi, eksplorasi mandiri, dan umpan balik yang bermakna sehingga kalkulus dapat bertransformasi dari mata kuliah yang ditakuti menjadi pengalaman eksplorasi yang menantang sekaligus bermakna. Meskipun demikian, keterpaduan tersebut pada tahap ini baru merupakan proposisi konseptual yang belum diuji di kelas.

KESIMPULAN, DISKUSI DAN REKOMENDASI

Berdasarkan kajian pustaka, diperoleh tiga simpulan yang menjawab pertanyaan penelitian. Pertama, tantangan fundamental pembelajaran kalkulus, yaitu abstraksi konsep, kesenjangan antara kelancaran prosedural dan pemahaman konseptual, serta keterbatasan visualisasi, berpotensi diatasi melalui teknologi visual interaktif seperti GeoGebra dan

augmented reality. Kedua, eksplorasi interaktif dan pendekatan interdisipliner perlu diintegrasikan melalui tiga pilar: teknologi visual interaktif untuk eksplorasi konseptual, koneksi interdisipliner melalui proyek nyata, kolaborasi praktisi, dan konteks budaya lokal, serta pemanfaatan AI yang bijak. Ketiga, pemanfaatan AI yang bijak diwujudkan melalui lima strategi, yaitu AI sebagai asisten, verifikasi kritis, pembatasan pada tahap formatif, integrasi dengan diskusi kolaboratif, dan pertimbangan alat AI khusus matematika, dengan peran pendidik yang tetap sentral sebagai fasilitator dan validator.

Penelitian ini memiliki keterbatasan. Pendekatan studi kepustakaan belum menguji kerangka yang diusulkan secara empiris di lapangan sehingga generalisasi temuan perlu divalidasi melalui penelitian eksperimental. Sebagian bukti yang ditelaah berasal dari studi berskala kecil, desain penelitian dan pengembangan, atau sumber institusional, dan sebagian bukti efektivitas teknologi berasal dari jenjang sekolah menengah. Rekomendasi yang diajukan adalah sebagai berikut.

Bagi pendidik, disarankan mengintegrasikan alat visual interaktif (seperti GeoGebra) sebagai sarana eksplorasi mandiri, merancang tugas berbasis proyek yang menghubungkan kalkulus dengan masalah nyata, mengundang praktisi lintas disiplin, dan memberikan pelatihan singkat literasi AI (cara bertanya efektif, verifikasi jawaban, dan etika penggunaan) di awal perkuliahan. **Bagi peneliti**, disarankan melakukan studi empiris jangka panjang tentang efektivitas desain pembelajaran terintegrasi terhadap pemahaman konseptual dan retensi mahasiswa, mengembangkan model pembelajaran hibrida yang memadukan eksplorasi interaktif dengan pendekatan kolaboratif berbasis AI, serta menguji strategi pemanfaatan AI yang bijak dibandingkan penggunaan AI tanpa panduan melalui studi eksperimental. Kajian lanjutan dengan *systematic literature review* (SLR) atau meta-analisis juga diperlukan untuk menilai efektivitas berbagai jenis teknologi dalam pembelajaran kalkulus secara lebih komprehensif. **Bagi pengambil kebijakan (institusi dan pemerintah)**, disarankan menyediakan pedoman resmi penggunaan AI dalam pembelajaran matematika di perguruan tinggi, menyelenggarakan pelatihan berkelanjutan bagi dosen dalam pemanfaatan teknologi pembelajaran, dan mendukung pengembangan laboratorium virtual serta repositori terbuka bahan ajar kalkulus interaktif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada dosen pengampu mata kuliah Penulisan Artikel Ilmiah atas bimbingan dan arahan selama penyusunan artikel ini, kepada Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, UIN Raden Fatah Palembang

atas fasilitas dan dukungan akademik, serta kepada semua pihak yang telah berkontribusi, baik secara langsung maupun tidak langsung

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, G. P. (2021). Conceptual Understanding of Definite Integral: An Experimental Study Using Geo-Gebra at University Level. *Butwal Campus Journal*, 4(1–2), 89–102. <https://doi.org/10.3126/bcj.v4i1-2.45009>
- Al-haytsam, M. T. (2025). *Pengembangan Modul Ajar Berbantuan Artificial Intelligence pada Materi Kalkulus Integral*. <https://idr.uin-antasari.ac.id/29416/>
- Aryani, F. D., Pratiwi, D. S., & Aini, E. N. (2026). Tinjauan Literatur tentang Pemanfaatan Artificial Intelligence dalam Pembelajaran Matematika untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Matematis Siswa. *Postulat: Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 7(1), 95–110. <https://doi.org/10.30587/postulat.v7i1.11848>
- Bressoud, D., Ghedamsi, I., Martinez-Luaces, V., & Törner, G. (2016). *Teaching and Learning of Calculus*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-32975-8>
- Elo, S., & Kyngäs, H. (2008). The qualitative content analysis process. *Journal of Advanced Nursing*, 62(1), 107–115. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2007.04569.x>
- Fachmi, R. F. N., & Agustina, Lady. (2025). Inovasi Modul Digital Interaktif Berbasis RME dengan Representasi Matematis pada Materi Lingkaran Kelas XI. *Postulat : Jurnal Inovasi Pendidikan Matematika*, 6(1), 91–101. <https://doi.org/10.30587/postulat.v6i1.9752>
- Gandolfi, A. (2025). GPT-4 in Education: Evaluating Aptness, Reliability, and Loss of Coherence in Solving Calculus Problems and Grading Submissions. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 35(1), 367–397. <https://doi.org/10.1007/s40593-024-00403-3>
- Habre, S., & Abboud, M. (2006). Students' conceptual understanding of a function and its derivative in an experimental calculus course. *The Journal of Mathematical Behavior*, 25(1), 57–72. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2005.11.004>
- Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, 103897. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>

- Hohenwarter, M., & Preiner, J. (2007). Dynamic Mathematics with GeoGebra. *Journal of Online Mathematics and Its Applications*, 7, 1448. https://www.maa.org/external_archive/joma/Volume7/Hohenwarter/index.html
- Iffah, R. D. L., Subanti, S., Usodo, B., & Nurhasanah, F. (2025). Systematic literature review: Ethnomathematics research in Indonesia. *JRAMathEdu (Journal of Research and Advances in Mathematics Education)*, 15–27. <https://doi.org/10.23917/jramathedu.v10i1.5621>
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., Gasser, U., Groh, G., Günemann, S., Hüllermeier, E., Krusche, S., Kutyniok, G., Michaeli, T., Nerdel, C., Pfeffer, J., Poquet, O., Sailer, M., Schmidt, A., Seidel, T., ... Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Rahman, M. A., Sook Ling, L., & Yin, O. S. (2024). Interactive Learning System for Learning Calculus. *F1000Research*, 11, 307. <https://doi.org/10.12688/f1000research.73595.2>
- Rasmussen, C., Marrongelle, K., & Borba, M. C. (2014). Research on calculus: what do we know and where do we need to go? *ZDM*, 46(4), 507–515. <https://doi.org/10.1007/s11858-014-0615-x>
- Saraswati, S., Nugroho, M. W., & Hartiningrum, E. S. N. (2025). *Integrasi Teknologi Augmented Reality dalam Kalkulus Integral Berbasis Ethno-STEM*. UNHAS Press.
- Sari, M., & Asmendri, A. (2020). Penelitian Kepustakaan (Library Research) dalam Penelitian Pendidikan IPA. *Natural Science*, 6(1), 41–53. <https://doi.org/10.15548/nsc.v6i1.1555>
- Septiani, R. D., & Harisman, Y. (2025). Studi Pemahaman Kalkulus: Uji Kemampuan Mahasiswa Pendidikan Matematika dalam Perhitungan Integral dan Diferensial. *JURNAL Riset Pembelajaran Matematika Sekolah*, 9(1), 28–42. <https://doi.org/10.21009/jrpms.091.04>
- Susilowati, R., Yuliani, A. M., & Farida, N. (2026). Development and validation of a GeoGebra classroom–integrated interactive e-module for enhancing students’ conceptual understanding of integral calculus. *Jurnal Elemen*, 12(2), 409–427. <https://doi.org/10.29408/jel.v12i2.32431>
- Suwaji, U. T. (2025). *Integrasi Teknologi dalam Mata Kuliah Kalkulus Integral [Praktisi Mengajar]*. Universitas Negeri Surabaya.

- Swidan, O., Bagossi, S., Schacht, F., & Sabena, C. (2025). Touch the Derivative: Learning Mathematics with Augmented Reality. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 11(3), 367–379. <https://doi.org/10.1007/s40751-025-00192-x>
- Swidan, O., & Fried, M. (2021). Focuses of awareness in the process of learning the fundamental theorem of calculus with digital technologies. *The Journal of Mathematical Behavior*, 62, 100847. <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2021.100847>
- Takaendengan, B. R., Nuha, A. R., Damayanti, T., Asriadi, Janna, M., & Anggraini, F. (2024). Advanced Differential E-Module: Integrating Case-Based and Visual Exploration. *Journal of Education Technology*, 8(4), 632–640. <https://doi.org/10.23887/jet.v8i4.85781>
- Tall, D., & Vinner, S. (1981). Concept Image and Concept Definition in Mathematics with Particular Reference to Limits and Continuity. *Educational Studies in Mathematics*, 12(2), 151–169.
- Tamur, M., Sennen, E., & De Guzman, P. (2025). Augmented Reality as a Bridge between Culture and Technology in Mathematics Education: A Meta-Analysis. *Suska Journal of Mathematics Education*, 11(2), 141–150. <https://doi.org/10.24014/sjme.v11i2.38044>
- Tim Website P.Mat. (2025). *Praktisi Mengajar: Integrasi Teknologi dalam Mata Kuliah Kalkulus Integral: Luas dan Volume melalui GeoGebra*. Universitas Negeri Surabaya. <https://p-mat.unesa.ac.id/praktisi-mengajar>
- Urhan, S., Gençaslan, O., & Dost, Ş. (2024). An argumentation experience regarding concepts of calculus with ChatGPT. *Interactive Learning Environments*, 32(10), 7186–7211. <https://doi.org/10.1080/10494820.2024.2308093>
- Zed, M. (2008). *Metode Penelitian Kepustakaan*. Yayasan Pustaka Obor Indonesia.