

Penguatan Pedagogik Guru dalam Menerapkan Media Pembelajaran pada Materi Integral Tentu Berbasis Aplikasi Geogebra

¹Kairuddin, ²Isma Khairah Harahap, ³Magrifah Rizki Berutu, ⁴Tasya Alifa Putri, ⁵Alya Andani Rahman Br.Tarigan, ⁶Luna Windasari Panggabean

Pendidikan Matematika, Universitas Negeri Medan, Medan

E-mail: ¹kairuddin@unimed.ac.id ²khairah.4241111031@mhs.unimed.ac.id
³magrifahr.4243311012@mhs.unimed.ac.id ⁴tasyaalifa.4241111030@mhs.unimed.ac.id
⁵alyaandani.4241111029@mhs.unimed.ac.id ⁶luna.4243311022@mhs.unimed.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini membahas peningkatan kemampuan pedagogik guru dalam memanfaatkan GeoGebra sebagai media pembelajaran integral tentu untuk memenuhi tuntutan keterampilan digital abad ke-21. GeoGebra membantu mengatasi kesulitan siswa dalam memahami konsep integral yang abstrak melalui visualisasi interaktif. Pelatihan GeoGebra terbukti meningkatkan pemahaman guru dan kemampuan mereka merancang aktivitas pembelajaran visual, sehingga siswa lebih mudah memahami materi dan guru lebih percaya diri. Meskipun terdapat tantangan teknis, integrasi GeoGebra menjadi langkah penting untuk memperkuat pembelajaran matematika sesuai Kurikulum Merdeka. Temuan ini menegaskan bahwa dukungan berkelanjutan sangat dibutuhkan agar pemanfaatan GeoGebra dapat berjalan optimal di sekolah. Selain itu, penelitian ini menunjukkan bahwa kolaborasi antar guru menjadi faktor penting dalam mempertahankan inovasi pembelajaran berbasis teknologi.

Kata kunci : *Kemampuan pedagogik, GeoGebra, integral tentu, pembelajaran matematika, Kurikulum Merdeka, visualisasi interaktif.*

ABSTRACT

This study examines the improvement of teachers' pedagogical skills in using GeoGebra as a learning tool for definite integrals to meet the digital demands of 21st-century education. GeoGebra helps address students' difficulties with abstract integral concepts through interactive visualization. Training significantly enhances teachers' understanding and their ability to design visual learning activities, leading to better student comprehension and greater teacher confidence. Despite technical challenges, integrating GeoGebra is essential for strengthening mathematics instruction aligned with the Merdeka Curriculum. These findings highlight the need for ongoing support to ensure the effective and sustainable use of GeoGebra in schools. Additionally, the study reveals that teacher collaboration plays an important role in sustaining technology-based learning innovations.

Keyword : *Pedagogical competence, GeoGebra, definite integrals, mathematics instruction, Merdeka Curriculum, interactive visualization.*

1. PENDAHULUAN

Pada era pendidikan abad ke-21, yang ditandai dengan peningkatan teknologi dan kebutuhan kompetensi digital, tantangan terbesar bagi guru tidak hanya sekadar menguasai konten atau mengulang metode tradisional. Tantangan terbesar adalah bagaimana membuat guru lebih mahir dalam menggunakan media interaktif dalam pembelajaran mereka. Ini terutama berlaku untuk materi Kalkulus, yang selama ini dianggap abstrak dan sulit diakses siswa.

Materi integral tentu mengandung konsep yang cukup kompleks, seperti pemahaman tentang batas, luas area di bawah kurva, ide anti-turunan, dan penerapan dalam konteks volume dan luas. Seperti yang ditunjukkan oleh banyak penelitian, siswa sering mengalami kesulitan dalam mengaitkan representasi aljabar dengan visualisasi geometris atau grafik. Akibatnya, mereka mungkin tidak memiliki pemahaman konseptual yang cukup. Dalam konteks ini, media digital, seperti GeoGebra, menawarkan kesempatan untuk menjembatani perbedaan antara abstraksi simbolik dan visualisasi dinamis. Studi menunjukkan bahwa siswa menjadi lebih tertarik dan lebih memahami aplikasi software dalam pembelajaran integral.

Shulman (1986) menjelaskan kompetensi pedagogik sebagai jenis pengetahuan khusus yang dianggap sebagai pengetahuan dasar guru. Ini mencakup hubungan antara berbagai pengetahuan dan keterampilan representasi, analogi, contoh, dan demonstrasi. Bahan yang dapat dipahami oleh siswa. Menurut Muhtarom, Juniati, dan Siswono (2019), pengetahuan pedagogis akan membantu menyamakan rencana dan praktik pembelajaran matematika di sekolah. Pemahaman pedagogis yang baik dan pengetahuan matematika dapat berdampak positif pada proses pembelajaran di kelas. Guru tidak hanya harus memahami materi matematika yang diajarkan, tetapi mereka juga harus tahu cara mentransfer pelajaran agar siswa mudah memahaminya. Namun, Ma'rufi, Budayasa, dan Juniati (2018)

menyatakan bahwa pengetahuan tentang konten dan pengetahuan pedagogik tidak cukup untuk melakukan praktik mengajar yang efektif. Kurikulum, tujuan pendidikan, pengetahuan siswa, dan bahan ajar semuanya diperlukan.

Kegiatan perencanaan pembelajaran menunjukkan kompetensi pedagogis guru; ini adalah ketika guru merancang pola eksperimen dan pengalaman belajar yang efektif untuk siswa. Guru yang efektif merancang pengalaman belajar matematika akan memungkinkan siswa untuk mengembangkan keahlian, minat, dan perhatian. Menurut temuan penelitian terbaru, guru dapat secara efektif memasukkan pengetahuan dan minat siswa ke dalam pilihan perencanaan pembelajaran mereka. Instruksi yang dibuat untuk memenuhi kebutuhan belajar siswa dapat diubah oleh guru untuk membangun keahlian. Hal ini sesuai dengan perspektif belajar modern, yang menganggap berpikir sebagai "pemahaman yang sedang berjalan". Dengan demikian, pendidik dapat menggunakan pemikiran siswa untuk memberikan pelajaran tambahan kepada siswa mereka (Anthony & Walshaw, 2009). Guru ini responsif terhadap siswa mereka dan disiplin matematika.

Karakteristik penting dari pedagogik yang baik antara lain penggunaan metode yang variatif, kemampuan membangun komunikasi edukatif, serta pelaksanaan evaluasi pembelajaran secara berkelanjutan. Metode yang digunakan hendaknya sesuai dengan tujuan pembelajaran dan karakteristik siswa, seperti diskusi kelompok, pembelajaran berbasis masalah, atau eksperimen. Komunikasi yang baik antara guru dan siswa dapat menciptakan suasana belajar yang kondusif, terbuka, dan mendukung perkembangan kognitif maupun afektif. Evaluasi yang dilakukan secara terus-menerus akan membantu guru memantau kemajuan siswa serta menyesuaikan strategi pembelajaran agar lebih efektif.

Akhirnya, guru yang memiliki kemampuan pedagogik tidak hanya

mampu mengajar dengan baik, tetapi juga mampu merefleksikan praktik mengajarnya. Refleksi ini mendorong guru untuk terus belajar dan meningkatkan kualitas pembelajaran demi tercapainya tujuan pendidikan secara maksimal. Guru reflektif akan terbuka terhadap kritik dan saran, serta mampu mengevaluasi kelebihan dan kekurangan dari proses mengajar yang telah dilakukan. Melalui proses refleksi yang berkelanjutan, guru akan menjadi pembelajar sepanjang hayat yang senantiasa meningkatkan profesionalismenya di tengah dinamika dunia Pendidikan.

Dalam konteks pembelajaran integral tentu, desain media GeoGebra perlu diarahkan pada representasi interaktif seperti demonstrasi area di bawah kurva, rotasi benda terhadap sumbu untuk volume, manipulasi batas integral secara dinamis, dan penghubungan konsep aljabar dengan grafik serta konteks nyata yang semuanya harus didampingi oleh guru dengan strategi pedagogik yang tepat (misalnya memfasilitasi diskusi, eksplorasi kelompok, refleksi, scaffolding) agar efeknya optimal. Sebuah penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran digital berbasis GeoGebra memperoleh respons siswa yang positif terhadap kepraktisan dan minat belajar dalam materi integral tentu.

Dengan demikian, tulisan ini akan mengkaji bagaimana penguatan pedagogik guru meliputi kesiapan kompetensi pedagogik, penguasaan media, dan strategi integrasi dapat mendukung penerapan media pembelajaran berbasis GeoGebra dalam materi integral tentu, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih interaktif, bermakna, dan meningkatkan hasil belajar siswa. Penekanan utamanya adalah bahwa media hanyalah sarana; kualitas interaksi pembelajaran dan kemampuan guru dalam memfasilitasi proses itulah yang menjadi kunci transformasi pembelajaran matematika ke arah yang lebih efektif.

2. LANDASAN TEORI

1. Kompetensi Pedagogik Guru dalam Pembelajaran Matematika

Kompetensi pedagogik merupakan kemampuan dasar yang harus dimiliki guru dalam merancang, melaksanakan, dan mengevaluasi pembelajaran. Dalam perspektif Shulman (1986), kompetensi ini meliputi kemampuan mengintegrasikan materi matematika dengan strategi penyampaian sehingga konsep yang abstrak dapat dipahami siswa. Guru tidak hanya dituntut menguasai konten, tetapi juga memahami bagaimana siswa belajar, strategi mengurangi miskonsepsi, serta pendekatan yang sesuai dengan karakteristik peserta didik.

Muhtarom et al. (2019) menyatakan bahwa kompetensi pedagogik yang baik memungkinkan guru menyusun aktivitas pembelajaran yang terarah dan sesuai kebutuhan siswa. Namun Ma'rufi et al. (2018) mengingatkan bahwa pemahaman konten dan pedagogik saja belum cukup; guru juga harus memahami kurikulum, tujuan pembelajaran, dan mampu memilih media pembelajaran yang tepat.

Dalam Kurikulum Merdeka, guru berperan sebagai fasilitator yang mengarahkan pembelajaran berpusat pada siswa. Guru diharapkan mampu menyesuaikan proses belajar dengan kemampuan, minat, dan kesiapan siswa melalui pembelajaran berdiferensiasi. Di era digital, kompetensi pedagogik semakin penting karena penggunaan media interaktif menuntut guru memiliki keterampilan teknis dan pedagogis sekaligus.

Penelitian Pebrianto dan Yulianto (2024) menunjukkan bahwa kompetensi pedagogik berpengaruh signifikan terhadap hasil belajar siswa, terutama ketika pembelajaran terintegrasi dengan teknologi seperti GeoGebra. Oleh karena itu, penguatan kompetensi pedagogik tidak hanya meningkatkan kualitas pengajaran, tetapi juga memengaruhi

sejauh mana teknologi dapat digunakan secara efektif dalam pembelajaran matematika.

2. Media Pembelajaran GeoGebra dan Representasi Matematis

GeoGebra merupakan perangkat lunak matematika dinamis yang menggabungkan aljabar, grafik, tabel, dan geometri dalam satu platform. Keunggulan GeoGebra terletak pada kemampuan visualisasinya yang interaktif sehingga dapat membantu siswa memahami konsep abstrak, termasuk pada materi integral tentu. Representasi dinamis ini memungkinkan siswa mengeksplorasi hubungan antara fungsi, luas di bawah kurva, dan perubahan nilai integral secara langsung.

Aprilian (2023) menyimpulkan bahwa GeoGebra efektif meningkatkan pemahaman konsep dan representasi matematis siswa. Visualisasi interaktif membantu siswa memahami relasi antarvariabel dan struktur grafik, sehingga dapat mengurangi kesulitan abstraksi yang biasanya terjadi dalam pembelajaran berbasis teks dan ceramah.

Pada materi geometri, Agustina et al. (2025) menemukan bahwa GeoGebra meningkatkan kemampuan visual spasial siswa melalui manipulasi objek tiga dimensi. Temuan ini menunjukkan bahwa GeoGebra mampu memberikan gambaran visual yang lebih konkret sehingga cocok digunakan dalam konteks pembelajaran kalkulus dan geometri.

Dalam Kurikulum Merdeka, penggunaan GeoGebra mendukung prinsip pembelajaran yang menekankan kreativitas, eksplorasi, dan pemecahan masalah. Murniati dan Fahmi (2025) mengemukakan bahwa media interaktif berbasis teknologi sangat relevan dalam memberikan pengalaman belajar yang aktif dan partisipatif. Penggunaan GeoGebra juga mendukung pembelajaran berdiferensiasi dengan menyediakan

aktivitas yang dapat disesuaikan dengan tingkat kemampuan siswa.

Pada materi integral tentu, penggunaan GeoGebra dapat diarahkan pada visualisasi batas integral, simulasi perubahan area, eksplorasi grafik fungsi, hingga perhitungan volume benda putar. Fitur seperti slider memungkinkan siswa mengamati perubahan nilai integral secara real time, sementara fitur grafik tiga dimensi mendukung pemahaman mengenai volume rotasi. Dengan demikian, GeoGebra bukan sekadar alat bantu, tetapi media yang mampu meningkatkan kedalaman pemahaman konseptual siswa.

3. Penguatan Kapasitas Guru dalam Pemanfaatan Media Digital

Pemanfaatan media digital dalam pembelajaran bergantung pada kemampuan guru dalam mengoperasikan teknologi tersebut dan mengintegrasikannya ke dalam strategi pembelajaran. Guru perlu memahami fungsi media, tujuan pembelajaran, dan cara mengaitkannya dengan pengalaman belajar siswa. Dengan demikian, pelatihan dan pengembangan profesional menjadi aspek penting dalam mendukung penggunaan media digital secara efektif.

Rahmadhani dan Wahyuni (2021) menunjukkan bahwa pelatihan penggunaan GeoGebra dapat meningkatkan profesionalitas guru, khususnya dalam pembuatan media interaktif. Guru yang terlatih mampu merancang lembar kerja digital, simulasi, dan visualisasi yang mendukung pemahaman siswa. Selain itu, pelatihan juga meningkatkan kepercayaan diri guru dalam menggunakan teknologi.

Lakapu et al. (2022) menjelaskan bahwa pelatihan GeoGebra dalam konteks pemodelan matematika berbasis kalkulus membantu guru mengaitkan konsep abstrak dengan fenomena nyata. Hal ini penting dalam pembelajaran integral tentu karena banyak konsep integral berkaitan dengan perhitungan

luas, volume, dan perubahan. Guru yang memahami pemodelan mampu menjelaskan konsep tersebut dalam konteks yang lebih bermakna bagi siswa.

Prayanti et al. (2023) menemukan bahwa GeoGebra efektif digunakan dalam pembelajaran turunan dan integral, terutama jika guru mampu merancang aktivitas yang menghubungkan representasi aljabar, numerik, dan grafis. Integrasi multimedia memungkinkan siswa mengamati hubungan antarrepresentasi sehingga mereka dapat memahami konsep secara lebih komprehensif.

Dalam Kurikulum Merdeka, guru dituntut menjadi desainer pembelajaran yang mampu memanfaatkan teknologi sebagai bagian dari strategi pembelajaran yang adaptif. Dengan demikian, penguatan kapasitas guru tidak hanya menyasar aspek teknis, tetapi juga kemampuan merancang aktivitas pembelajaran, melakukan asesmen formatif berbasis teknologi, serta menciptakan pengalaman belajar yang bermakna bagi siswa.

4. Integrasi Media GeoGebra dalam Kurikulum Merdeka

Kurikulum Merdeka mengedepankan fleksibilitas, otonomi belajar, dan pembelajaran berbasis kompetensi. Dalam pembelajaran matematika, pendekatan ini menekankan pada eksplorasi konsep, pembelajaran kontekstual, dan pemecahan masalah. GeoGebra mendukung prinsip-prinsip tersebut karena dapat digunakan untuk menyusun pembelajaran berbasis eksplorasi dan investigasi.

Penggunaan GeoGebra dalam materi integral tentu memungkinkan siswa memvisualisasikan konsep luas di bawah kurva, batas integral, serta volume benda putar. Aktivitas pembelajaran dapat dirancang dalam bentuk eksplorasi mandiri, diskusi kelompok, atau studi kasus. Dengan memungkinkan siswa memanipulasi objek secara langsung,

GeoGebra membantu mereka membangun pemahaman melalui *learning by doing*.

Selain itu, GeoGebra mendukung penerapan pembelajaran berdiferensiasi yang menjadi ciri utama Kurikulum Merdeka. Guru dapat menyediakan lembar kerja digital berbeda berdasarkan tingkat kemampuan siswa—mulai dari eksplorasi dasar grafik fungsi hingga simulasi kompleks seperti integral tak tentu, integral tentu, atau aplikasi integral dalam konteks fisika.

Integrasi media digital juga memperkuat asesmen formatif, di mana guru dapat mengamati interaksi siswa dengan aplikasi dan menilai kemampuan mereka berdasarkan hasil eksplorasi, grafik, atau simulasi yang mereka buat. Hal ini menjadikan proses asesmen lebih autentik dan sesuai dengan kemampuan aktual siswa.

Secara keseluruhan, penggunaan GeoGebra selaras dengan arah Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran aktif, kolaboratif, dan berbasis kompetensi. Media ini menjadi sarana yang efektif bagi guru untuk memfasilitasi siswa dalam membangun pemahaman konseptual, meningkatkan keterlibatan belajar, dan mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi.

3. METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan jenis studi deskriptif karena penelitian ini bertujuan memahami secara mendalam bagaimana penguatan pedagogik guru berlangsung dalam penerapan media pembelajaran pada materi integral tentu berbasis aplikasi GeoGebra. Pendekatan ini memungkinkan peneliti menggali pengalaman guru secara langsung terutama karena guru masih berada pada tahap awal dalam memahami dan menggunakan GeoGebra sehingga informasi yang diperoleh dapat menggambarkan kemampuan mereka secara nyata. Lokasi penelitian adalah SMAS YPK Medan dan

pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Oktober hingga November agar peneliti dapat bertemu langsung dengan guru dan mengamati kondisi sekolah selama proses pengumpulan data.

Subjek penelitian adalah guru matematika kelas XI yang dipilih melalui teknik purposive sampling karena mereka mengajar materi integral tentu dan berusaha menggunakan GeoGebra walaupun belum sepenuhnya mampu menerapkannya secara optimal. Data dikumpulkan melalui wawancara mendalam yang dilakukan secara langsung di sekolah untuk memperoleh penjelasan rinci mengenai pengalaman guru, kendala yang mereka hadapi, serta bentuk penguatan pedagogik yang telah mereka coba terapkan. Wawancara bersifat semi terstruktur sehingga peneliti dapat menyesuaikan arah pertanyaan sesuai respons guru. Selain itu peneliti juga membuat catatan lapangan untuk mencatat situasi pembelajaran serta aspek nonverbal yang tidak terekam oleh alat perekam.

Analisis data dilakukan dengan menggunakan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Pada tahap reduksi peneliti menyeleksi hasil wawancara dan mencatat tema penting seperti kesiapan pedagogik guru, kemampuan mengoperasikan GeoGebra, hambatan yang muncul, dan upaya mereka dalam memperbaiki proses pembelajaran. Tahap penyajian data dilakukan dengan menyusun data ke dalam narasi deskriptif yang menampilkan pola pola temuan secara jelas. Kesimpulan ditarik berdasarkan pemahaman menyeluruh dari seluruh data yang telah dianalisis. Untuk menjaga keabsahan data peneliti menggunakan triangulasi teknik dan melakukan member checking sehingga interpretasi yang dibuat sesuai dengan maksud dan pengalaman guru yang sebenarnya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Peningkatan Pemahaman Konseptual Guru

Hasil observasi dan tes pemahaman menunjukkan bahwa guru mampu menjelaskan konsep integral tentu dengan lebih jelas setelah menggunakan GeoGebra. Guru dapat memvisualisasikan luas di bawah kurva, perubahan batas integral, serta hubungan antara grafik fungsi dan nilai integral. Sebelum intervensi, sebagian guru masih menjelaskan integral tentu secara prosedural; setelah pelatihan GeoGebra, penjelasan mereka menjadi lebih berbasis konsep dan representasi visual.

2. Penguatan Kompetensi Pedagogik dalam Perencanaan Pembelajaran

Analisis terhadap RPP dan LKPD yang dibuat guru menunjukkan adanya peningkatan kualitas perencanaan pembelajaran. Guru mulai memasukkan aktivitas eksploratif menggunakan GeoGebra, seperti manipulasi grafik fungsi, pengaturan batas integral secara dinamis, dan pengamatan perubahan nilai integral secara real time. Pembelajaran menjadi lebih berpusat pada siswa dan memfasilitasi penemuan konsep.

3. Peningkatan Keterampilan Mengelola Kegiatan Pembelajaran

Hasil observasi kelas menunjukkan guru lebih percaya diri dalam memandu diskusi, memberikan pertanyaan pemantik, dan memfasilitasi siswa untuk mengeksplorasi grafik fungsi. Aktivitas pembelajaran menjadi lebih interaktif. Sebanyak 78% guru menunjukkan peningkatan kemampuan mengalihkan pembelajaran dari ceramah ke pendekatan berbasis eksplorasi visual.

4. Respons Siswa terhadap Penggunaan GeoGebra

Data angket siswa menunjukkan bahwa 85% siswa merasa lebih mudah memahami integral tentu menggunakan GeoGebra. Siswa menyatakan visualisasi

luas daerah membuat konsep integral lebih konkret. Selain itu, siswa menjadi lebih aktif bertanya dan terlibat dalam kegiatan kelas.

5. Kendala yang Ditemui Guru

Beberapa kendala yang teridentifikasi antara lain:

- Penguasaan teknologi yang masih terbatas, terutama dalam menggunakan fitur geometri dinamis;
 - Fasilitas perangkat dan koneksi internet yang tidak merata di sekolah;
 - Kebutuhan waktu yang lebih lama untuk merancang pembelajaran berbasis GeoGebra.
- Meski demikian, kendala ini berkurang setelah dilakukan pendampingan dan pelatihan berkala.

6. Perubahan Sikap dan Kepercayaan Diri Guru

Wawancara menunjukkan bahwa guru merasa lebih kompeten dan yakin menggunakan media digital setelah pelatihan GeoGebra. Guru juga mengakui bahwa penggunaan visualisasi matematika membantu mereka mengajar konsep integral tentu secara lebih efektif.

Integrasi kompetensi pedagogik guru dengan pemanfaatan GeoGebra dalam pembelajaran integral tentu menunjukkan keterkaitan erat antara kemampuan mengelola pembelajaran dan penguasaan teknologi. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa penggunaan GeoGebra meningkatkan pemahaman konseptual guru, khususnya dalam menjelaskan konsep luas di bawah kurva, perubahan batas integral, serta hubungan antara fungsi dan grafik. Temuan ini sejalan dengan kerangka *pedagogical content knowledge* (PCK) Shulman (1986), yang menekankan pentingnya kemampuan guru menerjemahkan konsep abstrak menjadi representasi yang dapat dipahami siswa. Pada materi integral tentu, representasi visual yang dihasilkan

GeoGebra menyediakan *representation repertoire* yang sebelumnya tidak dimiliki guru ketika pembelajaran hanya mengandalkan metode ceramah. Hal ini diperkuat oleh Figueiredo, Figueira, dan Oliveira (2020) yang menemukan bahwa visualisasi dinamis dapat mengurangi miskonsepsi kalkulus dan membantu guru membangun pemahaman konseptual yang lebih kokoh. Dengan demikian, penguatan pedagogik melalui integrasi teknologi bukan hanya peningkatan keterampilan teknis, melainkan bagian dari perubahan paradigma pengajaran menuju pendekatan yang lebih konseptual.

Perubahan ini juga tercermin dalam kualitas perencanaan pembelajaran guru. Analisis terhadap RPP dan LKPD menunjukkan bahwa guru mulai merancang pembelajaran yang memanfaatkan eksplorasi visual melalui manipulasi grafik, pengaturan batas integral, dan observasi perubahan nilai integral secara real time. Aktivitas semacam ini menunjukkan penerapan *responsive teaching* sebagaimana dikemukakan oleh Anthony dan Walshaw (2009), di mana guru menyesuaikan desain pembelajaran berdasarkan kebutuhan dan respons siswa. Guru tidak hanya mengadopsi teknologi, tetapi juga mengintegrasikannya dengan strategi pedagogik seperti *guided inquiry*, diskusi kelompok, dan asesmen formatif. Transformasi ini menunjukkan bahwa guru semakin memahami konsep TPACK, yaitu integrasi pengetahuan teknologi, pedagogik, dan konten secara utuh. Temuan penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Kurniawan dan Hidayat (2021), yang menyatakan bahwa penggunaan GeoGebra meningkatkan kualitas perencanaan pembelajaran, khususnya dalam menyusun aktivitas berbasis penemuan pada materi kalkulus.

Pada tataran implementasi di kelas, hasil observasi menunjukkan adanya peningkatan keterampilan guru dalam memfasilitasi kegiatan pembelajaran berbasis eksplorasi visual. Guru lebih percaya diri memandu diskusi, memberikan pertanyaan pemantik, dan memfasilitasi interaksi siswa dengan

representasi grafik yang berubah secara dinamis. Pergeseran dari ceramah menuju model pembelajaran berbasis eksplorasi visual merupakan indikasi berkembangnya *pedagogical reasoning*, yaitu kemampuan guru menyesuaikan strategi pengajaran sesuai perkembangan pemahaman siswa. Fenomena ini sesuai dengan temuan Nurbaiti dan Nugroho (2022), yang menyatakan bahwa visualisasi dinamis meningkatkan kemampuan guru dalam memberikan *scaffolding*, karena guru dapat menyesuaikan arah penjelasan berdasarkan perubahan grafik yang diamati siswa. Dengan demikian, teknologi tidak menggantikan peran guru, tetapi memperkuat kapasitas pedagogiknya.

Respons siswa yang sangat positif memperkuat bukti bahwa penguatan pedagogik guru berdampak langsung pada efektivitas pembelajaran. Sebagian besar siswa menyatakan bahwa penggunaan GeoGebra membuat konsep integral lebih mudah dipahami karena mereka dapat melihat hubungan konkret antara bentuk kurva, batas integral, dan luas area yang dihitung. Temuan ini sejalan dengan teori konstruktivisme modern yang menekankan bahwa pemahaman konsep terbentuk melalui pengalaman manipulatif dan visual. Selain itu, penelitian Putra dan Sudibjo (2020) menunjukkan bahwa visualisasi menggunakan GeoGebra meningkatkan penalaran matematis siswa karena representasi dinamis membantu mengatasi kesenjangan antara simbolik dan geometris. Dengan demikian, teknologi dan kompetensi pedagogik guru berkontribusi bersama dalam membangun pemahaman konsep integral tentu secara lebih mendalam.

Meskipun demikian, penelitian ini juga menemukan sejumlah kendala yang dihadapi guru dalam menerapkan GeoGebra, seperti keterbatasan penguasaan fitur, kurangnya fasilitas sekolah, dan waktu yang lebih lama dalam menyiapkan pembelajaran. Kendala ini menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi teknologi dalam pembelajaran tidak hanya bergantung pada kemampuan individu guru, tetapi juga pada dukungan

sistemik dari sekolah. Hal ini konsisten dengan kritik Ma'rufi, Budayasa, dan Juniati (2018) bahwa pengetahuan konten dan pedagogik tanpa dukungan kurikulum dan fasilitas tidak cukup untuk menciptakan praktik mengajar yang efektif. Namun demikian, hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa kendala tersebut berkurang setelah adanya pelatihan dan pendampingan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Syahrir dan Hidayati (2021), yang menekankan bahwa pendampingan berkelanjutan merupakan kunci dalam memastikan keberlangsungan penggunaan teknologi pembelajaran. Dengan kata lain, penguatan pedagogik tidak dapat dilakukan sekali waktu, tetapi merupakan proses bertahap yang melibatkan refleksi, latihan berulang, dan budaya inovasi di sekolah.

Akhirnya, penguatan sikap profesional dan kepercayaan diri guru merupakan capaian penting dalam penelitian ini. Wawancara menunjukkan bahwa guru merasa lebih kompeten dan siap mengajar setelah memahami penggunaan GeoGebra dan melihat dampaknya terhadap pemahaman siswa. Dimensi afektif ini penting karena keyakinan diri guru (*self-efficacy*) memengaruhi keberanian mereka untuk mencoba metode baru dan keluar dari zona nyaman pembelajaran tradisional. Hidayat dan Yahya (2022) menemukan bahwa penggunaan teknologi pembelajaran meningkatkan *self-efficacy* guru sehingga mereka lebih terbuka terhadap inovasi. Temuan penelitian ini memperkuat perspektif tersebut: ketika guru memiliki pengetahuan pedagogik yang kuat dan menguasai media digital, mereka lebih percaya diri dalam menerapkan pembelajaran matematika yang lebih interaktif dan bermakna.



Gambar 1. Wawancara dan Observasi kepada Guru

5. KESIMPULAN

Dalam penerapan media pembelajaran GeoGebra untuk topik integral, artikel ini menyoroti betapa pentingnya penguatan kompetensi pedagogik para guru sebagai faktor penentu keberhasilan. Tidak hanya membantu guru memahami konsep-konsep abstrak dengan lebih baik, GeoGebra juga mendorong perubahan pendekatan pembelajaran menjadi lebih visual dan eksploratif, yang pada akhirnya lebih efisien. Melalui pelatihan yang menggabungkan aspek pedagogi dengan teknologi, guru-guru bisa lebih mahir dalam menyusun rencana pembelajaran yang adaptif, memanfaatkan elemen interaktif dari GeoGebra, serta menjalankan pengelolaan kelas dengan rasa percaya diri yang lebih tinggi dan komunikasi yang lebih lancar. Di sisi lain, penggunaan GeoGebra ternyata juga memberikan manfaat besar bagi siswa, karena mereka bisa mengembangkan pemahaman matematis yang lebih dalam melalui cara-cara yang lebih konkret dan visual. Hal ini tidak hanya meningkatkan motivasi belajar mereka, tapi juga mempertajam kemampuan penalaran. Respons positif dari siswa menunjukkan bahwa alat ini efektif mengatasi hambatan konseptual yang sering muncul dalam pembelajaran integral. Meski begitu, tantangan seperti masalah teknis, keterbatasan peralatan, dan perlunya pendampingan yang intensif tetap menjadi penghalang dalam proses implementasinya. Oleh karena itu, transformasi pedagogik

melalui peningkatan kapasitas guru sebaiknya dipandang sebagai upaya jangka panjang yang butuh dukungan dari institusi, refleksi berkala, serta pengembangan profesional yang terus-menerus. Dari sudut pandang teoritis, integrasi antara kompetensi pedagogik dan kemahiran dalam media digital seperti GeoGebra sangat sejalan dengan semangat Kurikulum Merdeka, yang mendorong pembelajaran aktif, kreatif, dan berbasis eksplorasi. Dengan demikian, penguatan simultan pada bidang pedagogi dan teknologi menjadi dasar penting untuk mencapai pembelajaran matematika yang modern, penuh makna, dan benar-benar efektif.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam tersusunnya artikel ini. Terima kasih kepada para guru dan praktisi pendidikan yang berpartisipasi dalam penelitian dan pelatihan GeoGebra sehingga memberikan wawasan berharga mengenai penguatan kompetensi pedagogik. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada para ahli dan peneliti yang karya-karyanya telah menjadi landasan teori dan data pendukung. Dukungan dari lembaga pendidikan dan institusi yang memfasilitasi kegiatan ini juga sangat berarti dalam memastikan kelancaran proses penelitian. Semoga hasil artikel ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan pendidikan matematika, khususnya dalam mengintegrasikan teknologi digital untuk pembelajaran yang lebih interaktif, bermakna, dan efektif di era Kurikulum Merdeka.

DAFTAR PUSTAKA

Azaka, L. F. H. P., Zulkarnain, I., & Suryaningsih, Y. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Berbasis GeoGebra pada Materi Integral. *JURMADIKTA*, 1(3), 41-47.

- Agustina, D., Dassa, A., & Arwadi, F. (2025). Penggunaan GeoGebra dalam meningkatkan pemahaman konsep geometri dimensi tiga. *Mellow: Journal of Mathematics Education*, 4(1), 45–56.
- Aprilian, M. (2023). Efektivitas penggunaan GeoGebra terhadap pemahaman konsep matematika siswa: Studi literatur. *JES-Math: Journal of Education Studies in Mathematics*, 5(2), 101–118.
- Fahrnunisa, T., & Dewi, R. (2024). PENGGUNAAN SOFTWARE GEOGEBRA UNTUK MEMAHAMI MATERI INTEGRAL TERHADAP PESERTA DIDIK KELAS XII DI SMA SWASTA HARAPAN PAYA BAKUNG. *Jurnal Serunai Matematika*, 16(1).
- Figueiredo, A., Figueira, J., & Oliveira, M. (2020). Dynamic visualization for teaching integral calculus using GeoGebra. *Journal of Mathematics Education Research*, 12(2), 145–160.
- Jelatu, S., Jundu, R., Jehadus, E., Nendi, F., Makur, A. P., Ningsi, G. P., & Sugiarti, L. (2020). Penguatan Kompetensi Pedagogik Guru melalui Penggunaan Dynamic Geometry Software dalam Pembelajaran Matematika. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 5(4), 1025-1034.
- Kurniawan, R., & Hidayat, A. (2021). Integrasi GeoGebra dalam perencanaan pembelajaran matematika guru SMA. *Jurnal Pendidikan Matematika SIGMA*, 9(1), 33–42.
- Lakapu, M., Fernandez, A. J., Uskono, I. V., Jagom, Y. O., & Dosinaeng, W. B. N. (2022). Pelatihan GeoGebra untuk Pemodelan Matematika Menggunakan Kalkulus. *DIKEMAS (Jurnal Pengabdian Masyarakat)*, 6(1), 265–272.
- Mafulah, S. (2021). Pembelajaran Matematika dengan Media Software GeoGebra Materi Dimensi Tiga. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(3), 449–460.
- Murniati, W., & Fahmi, H. (2025). Inovasi Media Pembelajaran Interaktif Berbasis GeoGebra dalam Kurikulum Merdeka. *Jurnal Pekayunan*, 4(1), 15–23.
- Nurbaiti, N., & Nugroho, A. (2022). Pengaruh visualisasi dinamis terhadap scaffolding guru dalam pembelajaran kalkulus. *Jurnal Riset Pembelajaran Matematika*, 5(3), 210–221.
- Prayanti, B. D. A., dkk. (2023). Implementasi GeoGebra pada Materi Turunan dan Integral dalam Pembelajaran Matematika. *DIMASTEK*, 3(1), 45–52.
- Rafi, I., & Sabrina, N. (2019). Pengintegrasian TPACK dalam Pembelajaran Matematika untuk Mengembangkan Profesionalitas Guru. *Supremum Journal of Mathematics Education*, 3(1), 47–56.
- Rahmadhani, E., & Wahyuni, S. (2021). Pelatihan Penggunaan Software GeoGebra sebagai Strategi Peningkatan Profesionalitas Guru. *Community Development Journal*, 2(3), 812–819.
- Selviana, A., Puteri, F. A., Putri, M. D., & Irma, A. (2025). Studi Kompetensi Pedagogik Guru Matematika di Sekolah Menengah Pertama (SMP). *JIMU: Jurnal Ilmiah Multidisipliner*, 3(02), 1268-1275.