



Representasi Digital dan Pendalaman Konsep Matematis dalam Pembelajaran Matematika SD: Studi Kualitatif di Tiga Sekolah Dasar di Jawa Barat

Aya Shofia Maulida¹, Wahyudin²

^{1,2} Universitas Pendidikan Indonesia, Indonesia

E-mail: ayashofia@upi.edu

ABSTRACT	ARTICLE INFO
<p><i>This study explores how digital representations are used in elementary mathematics instruction and examines their role in supporting deep learning. Despite the growing presence of technology in schools, many teachers still struggle to help students understand abstract concepts like fractions and geometry. Using a qualitative method, data were gathered through classroom observations, interviews with nine teachers of Grades IV–VI, and analysis of teaching materials from three elementary schools in urban and rural settings. The findings show that teachers used various digital tools such as simulations, educational videos, and learning apps to help students grasp abstract concepts like fractions and geometry. Some teachers created their own digital resources due to limited access to online platforms. Students generally responded with increased interest and better understanding. However, challenges remain, including limited infrastructure, lack of preparation time, and varying levels of digital literacy among teachers. While digital tools are present, their use often falls short of promoting deep learning, which involves critical thinking and reflective exploration. The study suggests that ongoing teacher training and improved access to digital infrastructure are essential to maximize the educational benefits of digital media in elementary mathematics</i></p>	<p>Article History: Submitted/Received 18 Mar 2025 First Revised 20 Apr 2025 Accepted 29 May 2025 First Available online 01 Jun 2025 Publication Date 01 Jun 2025</p> <hr/> <p>Keyword: Digital Literacy; Interactive Media; Elementary Mathematics Learning; Deep Learning; Digital Representation</p>
<p>© 2025 Kantor Jurnal dan Publikasi UPI</p>	

1. PENDAHULUAN

Dalam sejumlah kajian pendidikan, pembelajaran matematika di tingkat sekolah dasar digambarkan sebagai proses yang seharusnya berlangsung secara kontekstual dan interaktif, serta mampu mendorong pemahaman yang mendalam melalui berbagai bentuk representasi, baik dalam bentuk verbal, visual, maupun simbolik (Mayer, 2021; Ainsworth, 2016). Teknologi dalam konteks ini tidak hanya berfungsi sebagai pelengkap, tetapi turut berperan dalam mengubah konsep-konsep abstrak menjadi lebih konkret melalui tampilan visual, simulasi interaktif, dan animasi edukatif. Dengan pendekatan tersebut, siswa tidak hanya diminta menghafal prosedur, melainkan juga diberi ruang untuk mengeksplorasi, berinteraksi langsung dengan media digital, dan membangun pemahaman secara aktif melalui pengalaman belajar yang lebih bermakna.

Namun, realitas di lapangan menunjukkan adanya kesenjangan antara gagasan ideal tersebut dan praktik pembelajaran yang berlangsung di banyak sekolah dasar. Di salah satu kelas di SDN A, misalnya, seorang guru mencoba menyampaikan konsep pecahan melalui tayangan video animasi. Respon siswa yang awalnya pasif berubah menjadi antusias saat mereka diajak membandingkan nilai pecahan, dengan pertanyaan spontan seperti “setengah atau sepertiga lebih besar, Bu?” Momen sederhana ini menjadi cerminan bahwa media digital dapat memicu ketertarikan dan meningkatkan pemahaman siswa apabila digunakan secara tepat. Sayangnya, tidak semua guru memiliki akses teknologi yang memadai, atau kemampuan pedagogis yang mendukung penggunaan representasi digital secara efektif. Di sejumlah kelas, penggunaan teknologi masih terbatas pada proyeksi materi atau video tanpa pendampingan yang memadai, sehingga belum sepenuhnya mampu menghadirkan pengalaman belajar yang mendalam bagi siswa.

Menariknya, penggunaan teknologi dalam pembelajaran tidak hanya membuat kelas terasa lebih hidup. Dalam satu sesi pembelajaran, guru kesulitan menjelaskan volume balok tanpa alat bantu visual. Ia kemudian menggunakan animasi sederhana dari YouTube untuk membantu siswa ‘melihat’ bagaimana panjang, lebar, dan tinggi membentuk volume. Dalam beberapa tahun terakhir, semakin banyak penelitian yang menyoroti pentingnya penggunaan elemen visual dalam pembelajaran. Ketika teks dipadukan dengan animasi, diagram, atau gambar statis yang relevan, siswa cenderung lebih mudah memahami konsep yang bersifat abstrak. Castro-Alonso & Ayres (2021), melalui kajian sistematisnya, menemukan bahwa baik visual statis maupun dinamis dapat mendukung pemahaman siswa, terutama bila dipadukan dengan penjelasan verbal yang sesuai. Efektivitas pendekatan ini sangat bergantung pada tingkat kerumitan materi dan pengalaman belajar yang dimiliki siswa. Dalam pelajaran matematika, misalnya, representasi seperti gambar bergerak atau simulasi pecahan bisa membantu anak-anak memahami hubungan antarangka yang sebelumnya sulit mereka bayangkan. Ini berarti teknologi bukan hanya soal tampilan, tetapi juga tentang bagaimana otak anak-anak memproses informasi dengan lebih efisien.

Lebih dari sekadar alat bantu visual, teknologi juga bisa membentuk pengalaman belajar yang benar-benar mendalam. Penelitian oleh menggambarkan bagaimana media

digital yang imersif seperti aplikasi atau platform interaktif mendorong anak untuk aktif mencoba, mengeksplorasi, dan bahkan membuat kesimpulan mereka sendiri. Ini sesuai dengan prinsip pembelajaran mendalam, atau *deep learning*, di mana anak tidak hanya mengingat, tetapi juga memahami dan menghubungkan pengetahuan baru dengan pengalaman mereka.

Namun tentu saja, teknologi tidak bisa berdiri sendiri. Sekadar mengganti papan tulis dengan proyektor tidak otomatis membuat pembelajaran lebih baik. Yang dibutuhkan adalah pemahaman menyeluruh dari guru tentang bagaimana merancang kegiatan belajar yang bermakna menggunakan teknologi. [Zhang et al. \(2020\)](#) menekankan bahwa agar pembelajaran benar-benar mendalam, teknologi harus dipadukan dengan pendekatan yang membangun kemampuan berpikir kritis, reflektif, dan metakognitif. Dengan kata lain, keberhasilan teknologi dalam pembelajaran tergantung pada cara guru menggunakannya untuk menciptakan pengalaman belajar yang penuh makna.

Matematika di sekolah dasar mengajarkan konsep-konsep seperti pecahan, bangun ruang, dan pola bilangan yang bersifat abstrak dan sulit dipahami oleh anak-anak yang masih berada dalam tahap berpikir konkret ([Piaget, 1973](#); [Kaltiparmak, 2024](#)). Di sinilah teknologi bisa memainkan peran penting. Dengan bantuan visualisasi digital yang interaktif dan menarik, anak-anak dapat melihat dan memanipulasi konsep-konsep matematika secara langsung, sehingga mereka bisa memahaminya dengan lebih mudah ([Mayer, 2021](#)).

Meskipun potensi pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar sangat menjanjikan, kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa penerapannya masih menghadapi berbagai kendala. Tidak semua guru memiliki kesiapan teknis maupun akses terhadap perangkat digital yang memadai. Sebagian guru mengalami kesulitan dalam mengoperasikan teknologi, terbatasnya infrastruktur, serta kurangnya pelatihan yang relevan. [Setiyani & Harmianto \(2022\)](#) mengungkapkan bahwa banyak guru SD masih memerlukan pendampingan agar mampu memproduksi dan menggunakan media video secara efektif dalam kegiatan belajar mengajar. Dalam hal ini, [Kurniawan \(2020\)](#) menunjukkan bahwa media tutorial berbasis *PowerPoint* dapat menjadi solusi yang terjangkau dan sesuai untuk membantu guru menciptakan animasi pembelajaran sederhana yang relevan dengan tahap perkembangan kognitif siswa.

Di samping teknologi berbasis digital, media representasi visual sederhana seperti flashcard juga menunjukkan efektivitas dalam membantu pemahaman konsep matematika dasar. [Rodiya et al. \(2022\)](#) membuktikan bahwa *flashcard* yang digunakan secara sistematis mampu meningkatkan hasil belajar siswa secara signifikan. Temuan-temuan ini menggarisbawahi pentingnya pemilihan media yang sesuai dengan konteks dan kemampuan guru, serta membuka ruang bagi pengembangan representasi digital yang terjangkau namun bermakna.

Penelitian oleh [Annetta et al. \(2024\)](#) menunjukkan bahwa pemahaman siswa terhadap konsep ilmiah meningkat ketika teks disajikan bersama dengan elemen visual yang menarik secara visual, seperti gambar interaktif atau animasi. Integrasi media ini terbukti lebih efektif

dibandingkan penggunaan teks atau gambar secara terpisah. Visual yang bergerak dan suara yang mendukung penjelasan membantu otak memproses informasi dengan lebih baik. Tetapi, di banyak sekolah, teknologi masih belum digunakan secara optimal dalam pembelajaran matematika. Guru sering kali hanya menggunakan proyektor atau *PowerPoint*, tanpa benar-benar memanfaatkan kekuatan media digital untuk membuat siswa berpikir lebih dalam.

Salah satu alasan mengapa teknologi belum maksimal digunakan adalah karena tidak semua guru memiliki kesempatan untuk belajar cara mengintegrasikannya ke dalam pembelajaran. Keterbatasan infrastruktur, seperti koneksi internet atau jumlah perangkat yang terbatas, juga menjadi tantangan yang nyata di banyak sekolah dasar, terutama di daerah yang belum berkembang. Namun demikian, ketika teknologi digunakan dengan tepat, ia mampu membuka ruang untuk pembelajaran mendalam, bukan sekadar menghafal rumus tetapi memahami maknanya, mengaitkannya dengan situasi nyata, dan memunculkan rasa ingin tahu yang kuat. *Deep learning*, sebuah cara belajar yang mendorong siswa untuk berpikir kritis, merefleksikan, dan mengembangkan pemahaman yang tahan lama (Zhang et al., 2020).

Konsep-konsep matematika seperti pecahan atau simetri sebenarnya bisa dijelaskan dengan sangat efektif jika menggunakan media digital. Misalnya, anak-anak bisa menggunakan aplikasi yang memungkinkan mereka memotong bentuk menjadi bagian-bagian yang sama untuk memahami konsep pecahan. Atau mereka bisa melihat animasi bangun datar yang diputar untuk memahami simetri dan rotasi. Ini semua sangat membantu, terutama bagi anak-anak yang sulit belajar lewat teks saja. Sedig et al. (2016) mengungkapkan bahwa alat visual interaktif seperti ini bisa mempercepat pemahaman anak karena mereka langsung melihat dan mengalami bagaimana sebuah konsep bekerja. Anak tidak lagi hanya membayangkan seperti apa setengah dari lingkaran itu tetapi bisa melihatnya, membaginya sendiri, dan menguji idenya.

Selain itu, teknologi memberi ruang untuk perbedaan gaya belajar. Tidak semua anak nyaman belajar dengan cara yang sama. Ada yang lebih cepat paham jika melihat gambar, ada yang suka mencoba sendiri, dan ada pula yang belajar lewat mendengarkan. Representasi digital memungkinkan guru memenuhi kebutuhan semua anak secara lebih fleksibel. Studi terbaru menegaskan bahwa penyajian materi dalam berbagai bentuk seperti gambar, teks, dan animasi yang membantu siswa membangun pemahaman yang lebih utuh, terutama dalam topik-topik yang abstrak. Namun, dalam praktiknya, guru sering menghadapi keterbatasan waktu, perangkat, atau dukungan teknis, sehingga integrasi representasi multimodal ini membutuhkan dukungan lebih luas di tingkat sekolah (Castro-Alonso & Ayres, 2021; Mayer, 2021). Banyak dari mereka menghadapi tekanan dari kurikulum yang padat, waktu mengajar yang terbatas, dan tuntutan administratif yang tidak sedikit. Karena itu, sangat penting bagi sekolah dan pemerintah untuk menyediakan dukungan, baik dalam bentuk pelatihan, perangkat, maupun kebijakan yang mendorong inovasi dalam pembelajaran.

Jansen & Spitzer (2020) mengungkap bahwa keberhasilan pendekatan *deep learning* sangat tergantung pada desain pembelajaran yang baik dan pelatihan guru yang

berkelanjutan. Tanpa itu, teknologi hanya akan menjadi dekorasi, bukan alat yang mengubah cara anak-anak belajar. Sebagian besar penelitian tentang teknologi dalam pembelajaran matematika masih fokus di tingkat menengah dan atas. Padahal, kebutuhan terbesar justru ada di tingkat dasar. Anak-anak usia SD berada pada masa pembentukan fondasi berpikir. Jika sejak dini mereka bisa memahami bahwa matematika bukan sekadar angka, tapi cara berpikir dan memecahkan masalah, itu akan menjadi bekal besar untuk jenjang berikutnya.

Studi oleh [Papadopoulos & Makri \(2021\)](#) menunjukkan bahwa media digital yang dirancang dengan baik dapat menciptakan lingkungan belajar yang imersif, membuat anak merasa terlibat dan tertantang. Sementara itu, [Bragg & Nicol \(2018\)](#) membuktikan bahwa permainan digital untuk belajar pecahan dapat meningkatkan pemahaman anak lebih baik daripada latihan soal konvensional. Dengan segala potensi tersebut, penting sekali untuk memahami secara lebih mendalam bagaimana sebenarnya teknologi digunakan dalam kelas matematika di SD. Bagaimana guru memilih dan menggunakan media digital? Bagaimana siswa merespons? Dan sejauh mana pendekatan pembelajaran mendalam bisa terjadi di ruang kelas? Selain itu, penelitian ini juga ingin mencari tahu apa saja hambatan yang dihadapi guru dan sekolah dalam menerapkan pembelajaran matematika berbasis teknologi. Apakah karena keterbatasan alat? Kurangnya pelatihan? Atau karena tekanan kurikulum? Semua ini perlu dikaji agar strategi yang diusulkan nantinya bisa realistis dan aplikatif.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini mengajukan tiga pertanyaan utama: pertama, bagaimana representasi digital diterapkan dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar?; kedua, bagaimana pendekatan pembelajaran mendalam mampu memperkuat pemahaman konseptual siswa melalui media digital?; ketiga, apa saja tantangan dan strategi yang bisa diterapkan agar pemanfaatan teknologi benar-benar membantu siswa belajar lebih dalam?.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif karena memungkinkan peneliti memahami pengalaman dan pandangan partisipan secara langsung. Pendekatan ini dipilih untuk mengeksplorasi bagaimana teknologi digunakan dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar. Seperti dijelaskan oleh [Creswell & Creswell \(2018\)](#), metode kualitatif cocok untuk menjawab pertanyaan seperti "bagaimana" dan "mengapa" suatu praktik berlangsung dalam konteks sosial tertentu.

Dalam penelitian ini, pendekatan kualitatif deskriptif digunakan untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang praktik representasi digital di kelas tanpa penafsiran mendalam seperti dalam pendekatan fenomenologi atau *grounded theory* ([Sandelowski, 2000](#)). Fokus utama adalah memahami secara utuh bagaimana guru memanfaatkan media digital dalam proses belajar-mengajar matematika, bukan untuk menguji hipotesis.

Agar hasilnya dapat dipercaya, peneliti menerapkan teknik validasi seperti triangulasi, membandingkan data dari berbagai sumber dan member checking, yaitu mengonfirmasi

kembali temuan dengan partisipan. Langkah-langkah ini penting untuk memastikan bahwa data yang diperoleh benar-benar mencerminkan realitas yang dialami oleh guru dan siswa (Nowell et al., 2017). Sesuai pandangan Yin (2018), pendekatan semacam ini sangat relevan ketika peneliti ingin memperoleh pemahaman yang dalam dari situasi nyata tanpa mengubah lingkungan atau perilaku partisipan.

2.2 Sumber Data

Penelitian ini mengandalkan sumber data yang dipilih secara purposif, dengan mempertimbangkan keterlibatan langsung subjek dalam praktik pembelajaran matematika berbasis digital. Strategi ini sejalan dengan pendekatan kualitatif yang lebih mengutamakan kedalaman informasi daripada representasi statistik. Patton (2015) menegaskan bahwa kualitas dalam penelitian kualitatif sangat ditentukan oleh “*information-rich cases*,” yaitu partisipan yang memiliki pengalaman langsung, beragam, dan bermakna terhadap fenomena yang diteliti. Penelitian ini dilakukan di tiga sekolah dasar yang telah menggunakan media digital dalam pembelajaran matematika secara mandiri tanpa bergantung pada proyek pemerintah atau intervensi eksternal. Data dikumpulkan dari dua sekolah di daerah kabupaten dan satu sekolah di kota, guna mendapatkan gambaran yang beragam dari segi geografis, akses teknologi, dan praktik pedagogis. Fokus ditujukan pada guru dan siswa kelas IV hingga VI, karena pada level ini siswa mulai berhadapan dengan materi matematika yang membutuhkan pemahaman visual dan konseptual yang lebih kompleks. Karakteristik sumber data dirancang agar dapat mewakili tiga perspektif penting: (1) guru sebagai perancang dan pelaksana pembelajaran, (2) siswa sebagai penerima pengalaman belajar, dan (3) media pembelajaran digital sebagai artefak pedagogis. Kombinasi ketiga unsur ini memungkinkan triangulasi data yang lebih kuat, serta interpretasi yang lebih mendalam terhadap praktik representasi digital di kelas matematika. Berikut adalah tabel 1 karakteristik sumber data dalam penelitian ini:

Tabel 1. Karakteristik Sumber Data

Jenis Sumber Data	Jumlah	Kriteria Pemilihan	Tujuan Pengambilan Data
Guru kelas IV–VI	9	Telah menggunakan media digital dalam pembelajaran matematika minimal 1 tahun	Mendapatkan pemahaman pedagogis dan strategi pembelajaran digital
Siswa kelas IV–VI	60	Pernah mengikuti pembelajaran matematika dengan media digital	Menggali respons siswa terhadap penggunaan teknologi dalam belajar
Media digital dan RPP	15	Aplikasi, video, atau bahan visual interaktif yang digunakan secara aktual di kelas	Analisis isi dan representasi matematika yang ditampilkan

Melalui kombinasi sumber data di atas, peneliti tidak hanya memperoleh informasi dari satu sudut pandang, tetapi membangun pemahaman yang utuh dan kontekstual, sebagaimana disarankan oleh Maxwell (2013), yaitu pentingnya menyusun data dari berbagai posisi sosial dalam praktik pendidikan. Hal ini juga mempermudah validasi temuan melalui teknik triangulasi sumber, yang memperkuat keandalan dan kredibilitas hasil penelitian (Nowell et al., 2017).

2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis melalui tiga teknik utama: observasi langsung di kelas, wawancara mendalam dengan guru, dan dokumentasi media pembelajaran digital serta perangkat ajar. Ketiga metode ini dipilih untuk mendukung prinsip triangulasi data dalam penelitian kualitatif, yaitu memperkuat validitas hasil melalui berbagai sumber dan teknik pengumpulan data yang saling melengkapi (Creswell & Poth, 2018).

Teknik pertama yang digunakan adalah observasi langsung terhadap proses pembelajaran matematika di kelas IV, V, dan VI di tiga sekolah dasar yang menjadi lokasi penelitian. Selama observasi, beberapa guru mengalami kesulitan menavigasi aplikasi digital di tengah pembelajaran. Siswa, sementara itu, menunjukkan rasa ingin tahu tinggi ketika media visual digunakan. Peneliti turut hadir di ruang kelas tanpa terlibat langsung dalam pembelajaran, namun tetap menjaga interaksi informal. Di salah satu sesi, guru mengalami kesulitan koneksi saat menampilkan video, dan siswa bersorak saat akhirnya berhasil diputar. Momen-momen seperti ini memberikan warna dan kedalaman terhadap data observasi. Selama observasi, peneliti mencatat bagaimana guru menggunakan media digital dalam mengajarkan konsep-konsep matematika, bagaimana siswa berinteraksi dengan teknologi tersebut, serta dinamika kelas yang muncul selama proses belajar berlangsung. Metode observasi ini memberikan gambaran nyata tentang praktik penggunaan representasi digital di lingkungan belajar yang autentik.

Teknik kedua adalah wawancara mendalam dengan sembilan guru kelas IV–VI sebagai informan utama. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur, memungkinkan peneliti mengajukan pertanyaan terbuka yang fleksibel namun tetap terfokus pada topik utama, yakni pemanfaatan media digital dalam pembelajaran matematika. Wawancara ini menggali pengalaman pribadi guru dalam mendesain, memilih, dan menerapkan media digital, termasuk tantangan, strategi adaptasi, serta persepsi mereka terhadap pengaruh teknologi terhadap pemahaman siswa. Yin (2018) menyatakan bahwa wawancara mendalam merupakan cara efektif untuk memahami makna dan proses yang tidak selalu dapat diamati secara langsung.

Teknik ketiga adalah dokumentasi, yaitu pengumpulan dan analisis terhadap media digital yang digunakan guru, termasuk bahan ajar visual, aplikasi interaktif, dan video pembelajaran. Selain itu, peneliti juga mengumpulkan Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) yang mengintegrasikan elemen digital dalam penyampaian materi matematika. Dokumen-dokumen ini dianalisis untuk memahami bagaimana representasi digital dirancang

secara pedagogis dan bagaimana instruksi pembelajaran mendalam (*deep learning*) direfleksikan dalam rencana pengajaran. Keseluruhan proses pengumpulan data berlangsung selama empat minggu, mencakup siklus pembelajaran minimal dua tema matematika di masing-masing kelas. Teknik triangulasi metode dan sumber digunakan untuk memperkuat kredibilitas temuan dan mengurangi bias interpretatif. Menurut [Nowell et al. \(2017\)](#) kombinasi observasi, wawancara, dan dokumentasi merupakan cara yang efektif untuk memperoleh pemahaman yang menyeluruh dalam penelitian berbasis pendekatan tematik.

2.4 Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara bertahap dan sistematis dengan mengacu pada model interaktif dari [Miles & Huberman \(1994\)](#), yang terdiri dari tiga komponen utama: reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan/verifikasi. Proses ini bersifat siklik, bukan linier, yang artinya setiap tahapan saling memengaruhi dan dapat kembali diulang saat peneliti menemukan temuan baru atau klarifikasi tambahan selama proses interpretasi data.

Tahap pertama adalah reduksi data, di mana seluruh hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi dikumpulkan lalu disaring untuk menemukan informasi yang relevan dengan fokus penelitian, yaitu implementasi representasi digital dalam pembelajaran matematika di SD. Data dari transkrip wawancara guru dan catatan observasi diolah secara koding terbuka untuk menemukan pola atau tema awal. Tahap ini bertujuan untuk menyederhanakan kompleksitas data lapangan tanpa menghilangkan makna kontekstualnya. [Miles & Huberman \(1994\)](#) menyebut reduksi data sebagai proses berpikir selektif yang membantu peneliti fokus pada elemen paling signifikan dari hasil penelitian.

Tahap kedua adalah penyajian data, yaitu mengorganisasikan data yang telah direduksi ke dalam bentuk visual atau naratif agar lebih mudah dipahami. Dalam penelitian ini, penyajian dilakukan dalam bentuk matriks tematik, tabel kutipan langsung dari informan, serta narasi ringkas yang menjelaskan masing-masing tema seperti “strategi guru dalam memilih media digital”, “respon siswa terhadap interaktivitas media”, dan “tantangan integrasi teknologi”. Penyajian data ini memungkinkan peneliti melihat hubungan antar kategori dan pola yang muncul secara lebih sistematis. [Creswell & Poth \(2018\)](#) menyarankan penyajian data kualitatif dalam bentuk visual sebagai cara untuk menghubungkan temuan dengan konteks secara eksplisit.

Tahap ketiga adalah penarikan kesimpulan dan verifikasi, yang dilakukan secara bertahap selama proses analisis. Kesimpulan awal dibangun berdasarkan pola temuan, namun tidak langsung dianggap final. Proses verifikasi dilakukan dengan menguji kembali temuan terhadap seluruh sumber data, termasuk melalui member checking bersama guru untuk memastikan bahwa interpretasi peneliti sesuai dengan pengalaman partisipan. Validasi juga diperkuat dengan triangulasi metode (observasi, wawancara, dokumentasi) dan triangulasi sumber (guru dan siswa). [Nowell et al. \(2017\)](#) menekankan bahwa dalam pendekatan tematik kualitatif, validitas tidak hanya bergantung pada keakuratan, tetapi juga pada koherensi narasi dan refleksi kritis selama proses interpretasi. Seluruh proses analisis dilakukan secara manual dengan bantuan catatan lapangan, tabel pengodean, dan perangkat

lunak pengolah teks untuk transkripsi. Peneliti juga membuat catatan reflektif selama proses analisis berlangsung sebagai bentuk audit trail dan peningkatan transparansi.

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menggambarkan dinamika penggunaan representasi digital dalam pembelajaran matematika di tiga sekolah dasar, serta respons guru dan siswa terhadap pendekatan tersebut. Temuan disajikan dalam tiga fokus utama: (1) bentuk representasi digital yang digunakan, (2) respons guru dan siswa terhadap media digital, serta (3) tantangan implementasi di lapangan.

Berdasarkan hasil observasi lapangan dan analisis dokumen pembelajaran, tampak bahwa guru di ketiga sekolah memanfaatkan berbagai jenis media digital dalam proses pembelajaran matematika. Di kelas IV, guru cenderung memilih media yang bersifat visual dan mengundang eksplorasi, seperti simulasi *PhET*, aplikasi *GeoGebra*, serta permainan interaktif yang berkaitan dengan konsep pecahan. Sementara itu, pada kelas V dan VI, pemanfaatan media digital lebih terarah dan terstruktur, misalnya melalui penggunaan *Quizizz*, *Google Slides*, serta latihan soal berbasis platform daring lainnya. Tinjauan terhadap RPP yang digunakan juga menunjukkan bahwa sebagian besar guru telah menyisipkan unsur visual digital ke dalam skenario pembelajaran, meskipun implementasinya belum sepenuhnya mencerminkan pendekatan pembelajaran mendalam.

Perbedaan antara sekolah di wilayah kota dan kabupaten cukup terasa, terutama dalam hal ketersediaan perangkat dan ragam media yang digunakan. Guru di sekolah kota umumnya lebih leluasa dalam mengakses media digital yang beragam dan mutakhir, serta lebih aktif merancang kegiatan pembelajaran yang mendorong keaktifan siswa misalnya dengan membuat latihan menyusun pecahan menggunakan gambar batang digital. Sebaliknya, guru di sekolah kabupaten menghadapi tantangan yang lebih kompleks, seperti terbatasnya infrastruktur pendukung, koneksi internet yang tidak stabil, hingga keterbatasan dalam pelatihan penggunaan media digital. Akibatnya, media yang digunakan cenderung bersifat sederhana dan bersumber dari materi offline yang tersedia.

3.1. Bentuk Representasi Digital yang Digunakan dalam Pembelajaran

Bentuk representasi digital yang digunakan dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar berdasarkan hasil penelitian ini bervariasi secara fungsi, bentuk, dan kedalaman konsep. Berdasarkan hasil observasi dan dokumentasi, guru memanfaatkan berbagai bentuk media digital, mulai dari simulasi interaktif seperti *GeoGebra* dan *PhET*, video pembelajaran, aplikasi edukatif seperti Marbel dan Rumah Belajar, hingga alat presentasi visual seperti PowerPoint dan Google Jamboard. Pada kelas IV, guru cenderung menggunakan media visual yang bersifat eksploratif, seperti animasi pecahan dan bangun ruang. “Kalau pakai gambar kayak gini, saya jadi tahu pecahannya, Bu,” ujar salah satu siswa kelas V ketika melihat diagram pecahan animasi. Di kelas V dan VI, pendekatan lebih terstruktur dengan penggunaan latihan soal berbasis kuis digital (seperti *Quizizz*) dan simulasi berbasis masalah.

RPP yang dianalisis juga menunjukkan bahwa sebagian besar guru telah menyisipkan elemen visual digital dalam skenario pembelajaran, meskipun belum semuanya dilandasi oleh

prinsip *deep learning*. Beberapa guru, terutama di sekolah perkotaan, merancang aktivitas eksploratif seperti “menyusun pecahan sendiri dari gambar batang digital” yang terbukti meningkatkan keaktifan siswa. Guru memanfaatkan media digital tidak hanya sebagai pemanis visual, tetapi juga sebagai sarana konseptualisasi, eksplorasi, dan penguatan konsep abstrak, terutama pada materi pecahan, geometri, dan operasi bilangan. Berdasarkan temuan observasi, wawancara guru, dokumentasi RPP, serta data pengalaman siswa, representasi digital dalam pembelajaran matematika dapat dikategorikan ke dalam beberapa bentuk berikut:

a. Representasi Visual Interaktif

Bentuk ini meliputi penggunaan simulasi digital dan alat manipulatif virtual yang memungkinkan siswa “berinteraksi” secara langsung dengan konsep matematika. Contoh konkret yang ditemukan di lapangan:

- *GeoGebra*: Digunakan oleh guru seperti Bu R.D. dan Bu I.N. untuk menyajikan bangun ruang, geometri, simetri, dan transformasi secara dinamis. Siswa dapat memutar objek, mengubah sudut, dan mengamati perubahan bentuk. Salah satu guru mengatakan bahwa meski ia ingin menggunakan aplikasi seperti GeoGebra, keterbatasan waktu dan jaringan membuat ia memilih tetap menggunakan papan tulis.
- *PhET Simulations*: Dimanfaatkan dalam materi operasi bilangan dan pecahan untuk menggambarkan konsep perhitungan dengan balok atau representasi visual angka (digunakan oleh Bu S.L. di kelas IV).
- *Toy Theater & Didax*: Sebagai alat pecahan visual yang digunakan oleh Pak A.F. dan Bu H.W. memungkinkan siswa menyusun batang pecahan sesuai perbandingan atau menjumlahkan bagian-bagian

Jenis representasi ini memungkinkan pembelajaran konseptual dan eksperimental secara digital, yang selaras dengan prinsip *dual coding theory* (Mayer, 2007) dan *representational competence* (Ainsworth, 2016). Tetapi dalam praktiknya di SD pedesaan atau pinggiran, siswa masih sering kesulitan memahami media visual jika penjelasan guru terlalu cepat atau tanpa konteks lokal.

b. Representasi Audiovisual dan Video Pembelajaran

Bentuk ini mencakup media seperti:

- Video pembelajaran *YouTube* yang digunakan untuk memperkenalkan konsep dengan penjelasan naratif dan ilustrasi animatif. Peneliti menggunakan video hasil adaptasi dari YouTube yang telah diterjemahkan ke bahasa Indonesia oleh guru kelas.
- *Khan Academy* Indonesia, di mana siswa kelas VI belajar penjumlahan bilangan bulat dengan narasi dan gambar bergerak.
- Video animasi buatan guru atau melalui platform *Quipper* dan Rumah Belajar, yang menjelaskan konsep dengan cerita dan konteks nyata.

Representasi ini berperan sebagai jembatan antara pengetahuan baru dan skema awal siswa, karena mengaktifkan modalitas visual dan auditori secara bersamaan.

c. Game Edukasi dan Kuis Digital

Quizizz, Marbel, Edmodo, dan aplikasi seperti LKS digital interaktif digunakan guru untuk menyajikan pembelajaran berbasis permainan atau kuis, terutama dalam evaluasi pemahaman konsep pecahan, skala, dan perbandingan. Game ini memberi *feedback* langsung, skor, dan animasi yang membangkitkan motivasi siswa. Representasi ini bukan hanya hiburan, tetapi menjadi bentuk asimilasi pengetahuan melalui penguatan instan (Zhang et al., 2020).

d. Representasi Presentasi dan Desain Visual Digital

PowerPoint interaktif, Google Jamboard, dan Canva Edu digunakan oleh guru untuk mendesain skenario pembelajaran tematik, menyisipkan elemen animasi sederhana, soal reflektif, dan gambar manipulatif. Beberapa guru menyusun tugas digital yang mengintegrasikan gambar, ikon matematis, dan panah relasional untuk mendukung visualisasi proses matematis. Representasi ini cocok untuk membangun narasi konseptual atau mengarahkan perhatian siswa terhadap hubungan antar konsep. Meski media digital terbukti membantu dalam visualisasi konsep, belum dapat disimpulkan bahwa pemahaman siswa selalu meningkat karenanya. Beberapa siswa justru kebingungan saat harus memilih menu dalam aplikasi interaktif yang terlalu kompleks.

e. Representasi Kurikulum dalam RPP Digital

Analisis terhadap lima RPP menunjukkan bahwa guru telah menyisipkan bentuk-bentuk representasi digital ke dalam skenario kegiatan, seperti:

- Menyusun pecahan melalui balok digital
- Mengamati perubahan bentuk bangun ruang melalui animasi
- Menggunakan video YouTube sebagai pembuka topik

Dalam satu RPP, guru meminta siswa memotong gambar batang digital menjadi beberapa bagian sambil berdiskusi: *“Kalau dibagi tiga, jadi berapa ya?”* Pendekatan ini terbukti membuat siswa lebih aktif menebak dan mencoba. Namun, belum semua RPP menunjukkan keterpaduan prinsip *deep learning*, seperti eksplorasi reflektif atau integrasi antar-konsep lintas materi.

Bentuk representasi digital dalam pembelajaran matematika di SD melampaui sekadar alat bantu visual, melainkan telah berkembang sebagai medium konseptual yang memvisualisasikan proses abstrak (seperti pecahan, geometri), memungkinkan interaksi dan eksplorasi konsep, memotivasi partisipasi melalui game dan kuis, dan meningkatkan pengalaman belajar melalui multimodalitas. Efektivitas penggunaan representasi ini tergantung pada pemilihan media yang tepat, desain aktivitas guru, dan kesiapan teknologi di sekolah masing-masing.

3.2. Respons Guru dan Siswa terhadap Media Digital

Dari wawancara mendalam dengan sembilan guru, ditemukan bahwa mereka menyambut baik penggunaan media digital karena dinilai mempermudah penjelasan konsep abstrak dan meningkatkan minat belajar siswa. Guru menyatakan bahwa dengan bantuan animasi dan simulasi, siswa dapat *“melihat langsung”* bagaimana suatu konsep bekerja, bukan hanya menghafalnya. Salah satu guru menyebut: *“Sebelumnya anak-anak sulit sekali memahami pecahan setengah dan seperempat. Tapi begitu mereka melihat visual batang pecahan digital, mereka langsung paham.”*

Sementara itu, hasil observasi dan tanggapan informal siswa menunjukkan bahwa mereka sangat tertarik pada pembelajaran berbasis visual dan interaktif. Beberapa siswa terlihat aktif mencoba mengoperasikan simulasi dan menjawab pertanyaan berbasis aplikasi.

Siswa juga lebih berani bertanya dan berdiskusi dalam pembelajaran yang berbasis teknologi, karena merasa “lebih bebas” dan “lebih seru”. Namun, beberapa siswa di daerah kabupaten mengalami kendala dalam mengikuti kegiatan digital karena keterbatasan perangkat atau kecepatan akses internet.

Mayoritas guru menyambut baik kehadiran media digital karena mereka menilai teknologi tersebut membantu menjelaskan konsep-konsep abstrak secara konkret, khususnya dalam pelajaran seperti pecahan, volume, dan geometri. Bu R.D. (G1) menyampaikan bahwa *“GeoGebra sangat membantu ketika saya menjelaskan bangun ruang, anak-anak bisa langsung melihat bentuknya berubah di layar, tidak hanya membayangkan di kepala.”* Ini menunjukkan bahwa representasi digital dapat menjadi alat bantu visual sekaligus konseptual dalam menyampaikan materi.

Selain itu, guru merasa bahwa media digital membangkitkan semangat belajar siswa, karena pembelajaran terasa lebih menyenangkan dan variatif. Pak A.F. (G2), yang menggunakan video pembelajaran *YouTube* dan permainan interaktif pecahan, menyebut bahwa siswa menjadi lebih aktif bertanya dan lebih cepat memahami konsep, terutama ketika media tersebut digunakan sebagai pembuka pelajaran atau saat penjelasan konsep baru.

Namun, beberapa guru juga menyampaikan tantangan, seperti kesulitan teknis, keterbatasan perangkat, dan kurangnya pelatihan teknopedagogis. Bu S.L. (G3) mengaku sering kali harus mencari sendiri materi digital dan belajar secara otodidak. Guru di sekolah kabupaten juga menghadapi kendala konektivitas internet dan keterbatasan jumlah perangkat, sehingga media digital sering digunakan secara bergiliran atau dalam versi offline. G2 mengatakan, *“Sebagai guru, saya merasa tertantang untuk tetap kreatif, meski jam mengajar dan beban administratif membuat waktu sangat sempit untuk mengembangkan media baru, beberapa rekan guru memilih tetap mengandalkan buku karena belum yakin bisa mengoperasikan GeoGebra secara mandiri.”*

Siswa dari berbagai jenjang kelas menunjukkan ketertarikan tinggi terhadap penggunaan media digital, terutama media yang bersifat interaktif seperti *Quizizz*, balok pecahan virtual, dan video animasi. Berdasarkan tanggapan siswa yang diamati dan didokumentasikan, seorang siswa kelas IV berkata: *“Kalau lihat pecahan itu digambar, saya tahu mana yang lebih besar. Kalau cuma ditulis di papan, kadang bingung.”* Ucapan ini mencerminkan bagaimana representasi digital menurunkan beban kognitif dan menjembatani pemahaman yang selama ini abstrak bagi anak-anak.

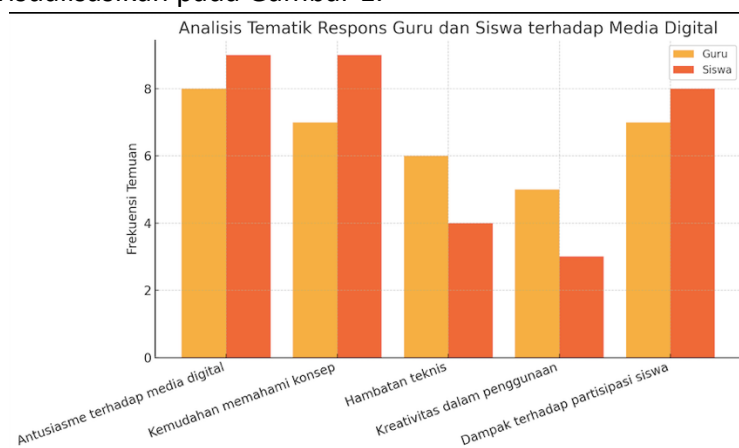
Sebagai contoh, siswa kelas IV dari SDN 3 yang menggunakan simulasi *PhET* untuk pecahan menyatakan bahwa *“Kalau lihat pecahan itu digambar, saya tahu mana yang lebih besar. Kalau cuma ditulis di papan, kadang bingung.”* Dan juga ada lagi seorang siswa berkata, *‘Bu, ini mah gampang kalau lihat di HP. Tapi kalau di buku bingung, soalnya diam aja gambarnya.* Ini membuktikan bahwa representasi visual digital membantu menurunkan beban kognitif siswa dalam memahami konsep yang sebelumnya abstrak.

Di sisi lain, siswa juga merespons positif format pembelajaran berbasis kuis digital, karena bersifat kompetitif namun menyenangkan. Guru seperti Bu I.N. (G7) melaporkan bahwa siswa lebih aktif menjawab soal, bahkan siswa yang sebelumnya cenderung diam mulai terlibat ketika soal diberikan melalui platform seperti *Quizizz* yang menghadirkan grafik skor dan efek suara. Namun demikian, beberapa siswa juga mengalami kesulitan mengikuti pembelajaran digital secara mandiri, terutama jika tidak memiliki akses internet atau perangkat di rumah. Di sekolah kabupaten, beberapa siswa harus berbagi perangkat, yang berdampak pada keterbatasan pengalaman eksplorasi mandiri

Tabel 2. Simpulan Respon Guru dan Siswa

Aspek	Respon Guru	Respon Siswa
Emosi dan Sikap	Positif, antusias, terbuka	Senang, penasaran, lebih aktif
Pemahaman Konsep	Terbantu dalam menjelaskan	Lebih mudah memahami konsep abstrak
Hambatan	Literasi digital dan infrastruktur	Akses perangkat dan internet
Harapan	Pelatihan teknopedagogi, konten lokal	Penggunaan rutin dan bervariasi

Respons ini menunjukkan bahwa representasi digital bukan hanya alat bantu pengajaran, tetapi jembatan antara guru, siswa, dan materi matematika yang kompleks. Namun, potensi ini akan optimal bila didukung pelatihan, kebijakan, dan akses teknologi yang merata. Disisi lain dilakukan analisis tematik respon guru dan siswa terhadap media digital, berikut grafik tervisualisasikan pada Gambar 1.

**Gambar 1. Grafik Analisis Tematik Respon Guru dan Siswa**

Grafik 1 menunjukkan analisis tematik terhadap respons guru dan siswa berdasarkan wawancara dan observasi. Tema yang paling menonjol pada siswa adalah "Kemudahan memahami konsep" dan "Antusiasme terhadap media digital", guru memberikan penekanan lebih besar pada aspek partisipasi siswa dan tantangan teknis yang mereka hadapi secara langsung dalam pelaksanaan pembelajaran, terutama terkait dengan keterbatasan sarana dan kesiapan penggunaan media digital.

3.3. Tantangan dan Strategi Implementasi di Lapangan

Tantangan implementasi representasi digital dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar, sebagaimana terungkap dari observasi lapangan, wawancara guru, serta analisis RPP dan media pembelajaran, mencerminkan kompleksitas yang melibatkan aspek teknis, pedagogis, dan struktural. Meskipun manfaatnya diakui, guru juga menghadapi sejumlah tantangan. Beberapa guru menyebut bahwa keterbatasan waktu dalam menyusun media digital dan rendahnya literasi digital menjadi hambatan utama. Di sekolah yang tidak memiliki koneksi internet stabil, penggunaan aplikasi online seperti *YouTube* atau *Quipper* menjadi tidak efektif. Guru juga mengaku sering kali harus mengunduh dan memodifikasi

media digital terlebih dahulu agar sesuai dengan kebutuhan pembelajaran dan karakteristik siswa.

Di sisi lain, tidak semua guru merasa percaya diri dengan teknologi. Guru yang lebih senior cenderung menggunakan media digital secara terbatas dan mengandalkan bantuan rekan sejawat. Hal ini menunjukkan bahwa kompetensi teknologi menjadi faktor penting dalam keberhasilan implementasi pembelajaran matematika berbasis digital. Beberapa guru menyampaikan perlunya pelatihan yang berfokus pada desain media representatif dan berpikir konseptual berbasis digital, bukan hanya sekadar penggunaan aplikasi. Guru dan siswa menunjukkan respons yang positif terhadap penggunaan teknologi, terdapat beberapa kendala yang menjadi penghambat penerapan optimal representasi digital. Berikut ini adalah pemaparan mendalam mengenai tantangan-tantangan tersebut:

a. Keterbatasan Infrastruktur dan Akses Teknologi

Di sekolah-sekolah yang berlokasi di wilayah kabupaten, seperti SDN 2 dan SDN 4, guru menghadapi kendala utama dalam bentuk terbatasnya jumlah perangkat digital, seperti laptop, proyektor, atau tablet. Beberapa kelas hanya memiliki satu perangkat aktif yang digunakan secara bergantian, yang membatasi interaksi siswa langsung dengan media digital. Selain itu, akses internet yang tidak stabil juga menjadi hambatan serius, terutama ketika guru hendak menayangkan video pembelajaran dari platform seperti *YouTube* atau membuka simulasi *online* seperti *PhET* dan *GeoGebra*. Di salah satu sesi, G7 mengajak siswa memainkan simulasi pecahan. Ketika ditanya: *“Kalau satu batang dibagi empat, sisanya berapa?”*, seorang siswa menjawab: *“Tinggal dibagi aja, Bu, kayak kue waktu ulang tahun kemarin.”* Momen ini menggambarkan hubungan konkret antara pengalaman pribadi siswa dan pemahaman matematis. Guru seperti Pak M.R. (G4) menyampaikan bahwa ia kerap harus mengunduh materi dari rumah dan memutarinya secara offline di sekolah karena sinyal yang tidak mendukung. Tantangan ini berkaitan langsung dengan temuan [OECD \(2021\)](#) yang menunjukkan kesenjangan digital di sekolah-sekolah pinggiran sebagai faktor yang menghambat inovasi pembelajaran.

b. Keterbatasan Waktu Perencanaan dan Desain Media

Guru mengeluhkan bahwa beban administratif dan tuntutan pengajaran harian membuat mereka sulit meluangkan waktu untuk merancang pembelajaran digital yang menarik dan bermakna. Kebanyakan media digital yang digunakan adalah hasil unduhan atau adaptasi dari sumber eksternal tanpa banyak penyesuaian terhadap konteks lokal atau karakteristik siswa. Beberapa guru bahkan menyatakan bahwa mereka lebih sering menggunakan video dan PowerPoint sederhana, bukan karena tidak tertarik mencoba media lain, tetapi karena waktu untuk belajar alat baru sangat terbatas. Ini menunjukkan adanya kebutuhan sistemik untuk menyediakan ruang dan waktu pengembangan profesional berkelanjutan.

c. Ketidaksesuaian Media dengan Karakteristik Siswa

Media digital menawarkan visualisasi yang menarik, tidak semua siswa mampu langsung memahami konsep hanya dari tampilan visual. Beberapa siswa, terutama yang kesulitan membaca atau lambat dalam memahami instruksi digital, perlu pendampingan lebih intensif agar mereka tidak tertinggal. Guru-guru juga menyampaikan bahwa

beberapa aplikasi terlalu kompleks atau menggunakan istilah asing, sehingga justru membingungkan siswa. Dalam kasus lain, siswa menjadi terlalu fokus pada aspek permainan (*game-based learning*) tanpa menyerap substansi konsep yang diajarkan.

d. Keterbatasan Integrasi dalam Kurikulum

Analisis terhadap RPP menunjukkan bahwa meskipun media digital telah disisipkan ke dalam skenario pembelajaran, banyak yang belum terintegrasi dengan strategi pembelajaran mendalam (*deep learning*). Media sering digunakan hanya sebagai ilustrasi pembuka atau pelengkap latihan, bukan sebagai bagian dari proses eksplorasi konsep secara reflektif

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan representasi digital dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar memiliki potensi yang kuat dalam membantu siswa memahami konsep abstrak secara lebih konkret dan bermakna. Penggunaan berbagai media seperti *GeoGebra*, *PhET*, *Quizizz*, serta video pembelajaran dan simulasi interaktif memberikan peluang bagi siswa untuk mengeksplorasi dan membangun pemahaman konsep matematika secara visual dan manipulatif. Temuan ini menguatkan teori *dual coding* yang dikemukakan oleh (Mayer, 2007), yang menyatakan bahwa kombinasi antara informasi verbal dan visual dapat meningkatkan daya serap kognitif siswa terhadap materi ajar. Temuan ini sejalan dengan upaya Kemendikbud dalam Merdeka Belajar, namun pelatihan digital yang belum merata menghambat optimalisasi pemanfaatan media digital di sekolah dasar, khususnya di daerah non-kota. Penelitian ini belum mencakup konteks sekolah swasta, dan hanya berfokus pada sekolah negeri di dua wilayah. Temuan ini menunjukkan potensi media digital dalam pembelajaran matematika, namun juga mengingatkan bahwa keberhasilan integrasi teknologi sangat bergantung pada kesiapan guru, infrastruktur sekolah, dan dukungan kebijakan yang berkelanjutan.

Implementasi media digital dalam konteks sekolah dasar juga terbukti mendorong partisipasi aktif dan motivasi belajar siswa. Pada praktiknya, guru hanya sempat menampilkan video sebentar karena listrik padam. Meski terlihat sederhana, kondisi ini menggambarkan bagaimana implementasi media digital di kelas tidak semulus di makalah teori. Observasi di kelas menunjukkan bahwa siswa menjadi lebih tertarik dan lebih aktif bertanya saat materi disampaikan melalui media visual atau game edukatif. Ini sesuai dengan pandangan Zhang et al. (2020) tentang *deep learning*, di mana keterlibatan kognitif, emosional, dan sosial merupakan elemen penting dalam menginternalisasi konsep pembelajaran secara bermakna. Ketika siswa berpartisipasi dalam kegiatan seperti menyusun pecahan digital atau menjawab kuis berbasis animasi, mereka tidak hanya mengingat informasi, tetapi juga menghubungkannya dengan pengalaman belajar yang menyenangkan dan kontekstual.

Namun demikian, pembahasan ini juga perlu menggarisbawahi tantangan signifikan yang dihadapi guru dalam penerapan representasi digital. Hambatan berupa keterbatasan akses perangkat dan koneksi internet, terutama di sekolah yang berlokasi di kabupaten, menjadi penghambat utama. Di samping itu, tidak semua guru memiliki literasi digital yang memadai untuk mendesain pembelajaran yang berbasis teknologi. Kondisi ini sejalan dengan temuan OECD (2021) yang mengidentifikasi ketimpangan infrastruktur dan kompetensi teknologi sebagai penghambat utama inovasi digital di sekolah dasar di negara-negara berkembang.

Analisis terhadap dokumen RPP menunjukkan bahwa integrasi representasi digital dalam pembelajaran belum sepenuhnya mencerminkan pendekatan pembelajaran

mendalam. Dalam beberapa kasus, media digital hanya digunakan sebagai ilustrasi pembuka atau pelengkap aktivitas, bukan sebagai elemen sentral dalam proses pembelajaran yang mengajak siswa untuk menganalisis, merefleksi, dan menghubungkan antar konsep. Ainsworth (2016) menekankan bahwa untuk dapat mengoptimalkan manfaat representasi multipel, media digital harus dirancang dengan tujuan pedagogis yang jelas dan berorientasi pada pembangunan pemahaman konseptual, bukan sekadar hiburan atau alat bantu visual.

Pembelajaran matematika berbasis media digital di SD tidak hanya membutuhkan akses teknologi, tetapi juga pendekatan desain instruksional yang matang. Selain itu, pelatihan guru juga sebaiknya menekankan pada praktik reflektif dan desain berbasis masalah, sebagaimana disarankan oleh Moreno & Mayer (2007) dalam kerangka *cognitive theory of multimedia learning* (CTML). Representasi digital memiliki potensi besar untuk meningkatkan kualitas pembelajaran matematika di SD, namun implementasinya harus dilakukan secara strategis, berkelanjutan, dan inklusif. Sinergi antara kebijakan pendidikan, kesiapan guru, dan partisipasi siswa merupakan kunci untuk menghadirkan pembelajaran matematika yang tidak hanya menarik, tetapi juga mendalam, bermakna, dan memberdayakan.

4. SIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa representasi digital memiliki potensi besar dalam mendukung pembelajaran matematika yang lebih bermakna dan konseptual di tingkat sekolah dasar. Media digital seperti simulasi interaktif, video pembelajaran, aplikasi kuis, dan alat visualisasi digital mampu menjembatani kesenjangan antara konsep abstrak dan pengalaman nyata siswa. *GeoGebra* dan *PhET* memberi siswa kesempatan mengamati konsep geometri secara langsung, sedangkan *Quizizz* memantik semangat kompetisi yang menyenangkan. Kombinasi ini membuat belajar terasa lebih nyata dan hidup. Respons guru terhadap penggunaan media digital umumnya positif, meskipun diiringi tantangan seperti keterbatasan infrastruktur, literasi teknologi yang bervariasi, dan beban kerja yang menyulitkan desain pembelajaran berbasis teknologi secara optimal. Siswa sendiri menunjukkan minat yang tinggi terhadap pembelajaran berbasis digital, khususnya yang bersifat visual dan interaktif. Mereka merasa terbantu memahami materi sulit seperti pecahan dan bangun ruang, serta lebih termotivasi untuk aktif berpartisipasi dalam proses belajar. Namun demikian, hasil penelitian juga menegaskan bahwa integrasi media digital dalam pembelajaran belum sepenuhnya mengarah pada prinsip pembelajaran mendalam (*deep learning*). Banyak media yang digunakan hanya bersifat pelengkap, tanpa strategi eksploratif atau reflektif yang mendalam. Dibutuhkan dukungan sistematis dalam bentuk pelatihan teknopedagogis, pengembangan kurikulum yang adaptif, serta kebijakan penyediaan infrastruktur digital yang setara di seluruh satuan pendidikan dasar. Walau media digital membuka banyak peluang, implementasinya masih jauh dari ideal. Guru perlu lebih dari sekadar aplikasi, mereka butuh ruang, pelatihan, dan dukungan nyata. Tanpa itu, teknologi bisa menjadi layar yang menarik, tapi kosong. Pembelajaran yang mendalam hanya tercipta saat ada desain yang matang dan refleksi kritis dalam penggunaannya. Untuk itu, kolaborasi antara guru, sekolah, pemerintah, dan penyedia platform digital sangat diperlukan agar praktik pembelajaran ini dapat berkembang dan berdampak luas bagi peningkatan kualitas pendidikan matematika dasar. Penelitian ini belum menggali pengaruh jangka panjang penggunaan media digital terhadap prestasi akademik siswa. Selain itu, proses

pengumpulan data tidak mencakup sekolah inklusi, sehingga hasil belum dapat digeneralisasi pada siswa dengan kebutuhan khusus.

5. REFERENSI

- Ainsworth, S. (2016). A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and Instruction*, 16(3), 183–198. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.03.001>
- Annetta, L. A., Newton, M. H., Franco, Y., Johnson, A., & Bressler, D. (2024). Examining reading proficiency and science learning using mixed reality in elementary school science. *Computers & Education: X Reality*, 5, 100086. <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2024.100086>
- Bragg, L. A., & Nicol, C. (2018). Visualising fractions with young learners: Evidence from digital tools. *Mathematics Education Research Journal*, 30(2), 125–143. <https://doi.org/10.1007/s13394-017-0214-y>
- Castro-Alonso, J. C., & Ayres, P. (2021). Learning from static and dynamic visualizations: A systematic review of the literature. *Educational Psychology Review*, 33(4), 1225–1252. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09602-9>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*.
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing Among Five Approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Jansen, M., & Spitzer, M. (2020). Training deep understanding in elementary mathematics classrooms: A design-based research. *ZDM—Mathematics Education*, 52(4), 609–622. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01150-5>
- Kaltiparmak, K. (2024). Concrete Manipulatives in Primary School Mathematics Education. In *Researches and Evaluations in the Field of Educational Sciences* (pp. 127–129). Gece Kitaplığı. https://www.gecekitapligi.com/Webkontrol/uploads/Fck/Educational_ar24_v4.pdf#page=127
- Kurniawan, M. R. (2020). PENGEMBANGAN VIDEO TUTORIAL PRODUKSI ANIMASI PEMBELAJARAN SEKOLAH DASAR MENGGUNAKAN MICROSOFT POWER POINT. *Jurnal Pedagogik Pendidikan Dasar*, 7(1), 24–34. <https://doi.org/10.17509/jppd.v7i1.30057>
- Maxwell, J. A. (2013). *Qualitative Research Design: An Interactive Approach* (3rd ed.). SAGE Publications.
- Mayer, R. E. (2007). *Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia Learning* (3rd ed.). Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/books/multimedia-learning/9F6A38E2174F7A3AB29BC3DBFAD649C1>
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative Data Analysis: An Expanded Sourcebook* (2nd ed.). SAGE Publications.

- Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments: Special Issue on Interactive Learning Environments: Contemporary Issues and Trends. *Educational Psychology Review*, 19(3), 309–326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic Analysis: Striving to Meet the Trustworthiness Criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1), 1609406917733847. <https://doi.org/10.1177/1609406917733847>
- OECD. (2021). *21st-Century Readers: Developing Literacy Skills in a Digital World*. OECD. <https://doi.org/10.1787/a83d84cb-en>
- Papadopoulos, I., & Makri, K. (2021). Designing for learning with immersive digital environments in mathematics education. *British Journal of Educational Technology*, 52(2), 613–628. <https://doi.org/10.1111/bjet.13023>
- Patton, M. Q. (2015). *Qualitative Research & Evaluation Methods* (4th ed.). SAGE Publications.
- Piaget, J. (1973). *To Understand is to Invent: The Future of Education*. Grossman Publishers.
- Rodiyana, R., Puspitasari, W. D., & Yanto, A. (2022). Media Flashcard untuk Optimalisasi Hasil Belajar Siswa di Sekolah Dasar. *Jurnal Pedagogik Pendidikan Dasar*, 9(1), 23–30. <https://doi.org/10.17509/jppd.v9i1.46755>
- Sandelowski, M. (2000). Whatever happened to qualitative description? *Research in Nursing & Health*, 23(4), 334–340. [https://doi.org/10.1002/1098-240X\(200008\)23:4<334::AID-NUR9>3.0.CO;2-G](https://doi.org/10.1002/1098-240X(200008)23:4<334::AID-NUR9>3.0.CO;2-G)
- Sedig, K., Gashlick, D., & Liang, H. N. (2016). Exploring the role of interactive visualizations in elementary mathematics education. *Education and Information Technologies*, 21, 1227–1249. <https://doi.org/10.1007/s10639-014-9370-5>
- Setiyani, V. D., & Harmianto, S. (2022). Analisis Kemampuan Guru dalam Membuat dan Memanfaatkan Media Pembelajaran. *Jurnal Pedagogik Pendidikan Dasar*, 9(1), 47–56. <https://doi.org/10.17509/jppd.v9i2.50514>
- Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods* (6th ed.). SAGE Publications.
- Zhang, J., Liu, Y., & Wang, H. (2020). Deep learning in education: A literature review and classification. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(10), 89–102. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i10.13313>