

PEMBELAJARAN BERBASIS TEKNOLOGI UNTUK MENINGKATKAN KETERLIBATAN MATEMATIKA SISWA PENYANDANG DISABILITAS DALAM PENDIDIKAN DASAR INKLUSIF: A SCOPING REVIEW

Mutiara Basmalah¹, Costrie Ganes Widayanti²

Fakultas Psikologi, Universitas Diponegoro Semarang, Indonesia

e-mail : basmalahmutiara@gmail.com¹, costriewidayanti@lecturer.undip.ac.id²

ABSTRAK

Pengajaran matematika di sekolah dasar sangat penting untuk memberikan fondasi dasar dalam memahami konsep matematika yang lebih kompleks. Guru di sekolah inklusif seringkali merasa kurang siap dalam mengajarkan konsep dan operasi matematika kepada siswa penyandang disabilitas. *Universal Design for Learning* (UDL) menekankan penggunaan pendekatan berbasis teknologi untuk mengajarkan matematika dalam rangka memenuhi beragam kebutuhan siswa. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan jenis teknologi yang digunakan dan berpotensi untuk meningkatkan keterlibatan matematika siswa penyandang disabilitas di pendidikan dasar inklusif. Penelitian ini menggunakan metode *scoping review* dengan protokol PRISMA-ScR. Pencarian komprehensif dilakukan melalui basis data Scopus dan Google Scholar. Tinjauan terhadap enam artikel yang memenuhi kriteria inklusi menemukan inovasi teknologi berupa penerapan gamifikasi digital seperti Kahoot, penggunaan permainan interaktif melalui aplikasi *Smart Apps Creator*, visualisasi konsep matematika menggunakan Scratch, pengembangan media pembelajaran khusus seperti SPECOMATSO, *virtual manipulatives* berbasis bahasa isyarat serta perkembangan model pembelajaran berbasis *augmented reality-based* dapat mendukung pemahaman konsep matematika siswa penyandang disabilitas, mendorong partisipasi aktif dan motivasi belajar, serta memperkuat keterampilan komunikasi, sosial, dan literasi digital siswa penyandang disabilitas. Penelitian ini memberikan wawasan mengenai pengembangan media pembelajaran matematika di sekolah dasar inklusif.

Kata Kunci : *Matematika, Pendidikan Inklusi, Teknologi, UDL*

ABSTRACT

Teaching mathematics in elementary school is crucial to provide basic foundation for understanding more complex math concepts. Teachers in inclusive schools frequently feel unqualified to teach mathematical concepts and operations to students with impairments or disability. In order to accommodate the various needs of pupils, Universal Design for Learning (UDL) places a strong emphasis on teaching mathematics using a technology-based approach. This study aims to map the many forms of technology and how they affect the learning of mathematics in inclusive elementary schools for students with disabilities. This study used the PRISMA-ScR protocol. A comprehensive search was conducted using the Scopus and Google Scholar databases. The review of four articles that met the inclusive criteria found that the use of multimedia gamification, interactive games (smart apps creator), visual scratch, and SPECOMATSO supported students with disabilities' understanding of mathematical concepts, encouraged active participation and learning motivation, also strengthened communication, social, and digital literacy skills of students with disabilities. This study offers insight into the development of mathematics learning media in inclusive elementary schools.

Keywords: *Inclusive education, Mathematics, Technology, UDL*

PENDAHULUAN

Pendidikan inklusif merupakan pendekatan pendidikan yang dirancang untuk memastikan bahwa semua siswa, terlepas dari karakteristik individu mereka seperti disabilitas, status sosial ekonomi, atau latar belakang budaya, memiliki akses ke pendidikan yang sama (At-Taubany dkk., 2022; Borba dkk., 2024). Model ini menekankan pentingnya keragaman dan bertujuan untuk menciptakan lingkungan belajar yang memenuhi kebutuhan unik setiap pelajar. Evolusi pendidikan inklusif mencerminkan pergeseran dari sekadar integrasi siswa penyandang disabilitas ke kerangka kerja komprehensif yang menghargai dan mendukung beragam kemampuan semua

siswa (Borba dkk., 2024). Dalam praktiknya, pendidikan inklusi menghadirkan tantangan tersendiri, khususnya bagi guru. Salah satu kendala utama adalah kurangnya pelatihan dan pemahaman mengenai strategi pembelajaran yang inklusif. Banyak guru merasa tidak siap untuk mengelola kelas yang heterogen karena belum dibekali dengan pengetahuan pedagogis yang memadai terkait kebutuhan siswa dengan latar belakang dan kemampuan yang berbeda (Nwoko dkk., 2022; Ummah dkk., 2023).

Pada pembelajaran di kelas inklusi, matematika merupakan disiplin yang menuntut kemampuan logis, konseptual, dan bahasa yang kompleks. Pendidikan matematika inklusif bertujuan untuk memastikan setiap siswa,

tanpa memandang latar belakang, kemampuan, atau gaya belajarnya, memperoleh akses yang adil terhadap pembelajaran matematika yang berkualitas (Banerjee & Gautam, 2024). Namun, perbedaan kemampuan siswa yang heterogen, menuntut guru untuk menyesuaikan tujuan pembelajaran secara individual atau kelompok. Diferensiasi ini penting, Namun, studi menunjukkan bahwa guru sering kali hanya mampu memfokuskan perhatian pada salah satu aspek, yakni antara diferensiasi tujuan pembelajaran atau pengelolaan pembelajaran secara bersama-sama dalam satu kelas, karena menerapkan keduanya sekaligus merupakan sebuah tantangan (Baykaldi dkk., 2024; Krähenmann dkk., 2019). Di sisi lain, siswa dengan disabilitas juga menghadapi tantangan dalam pemahaman bahasa, pemahaman konsep, dan operasi matematika di kelas inklusif (Reis, 2024). Hal ini merupakan hambatan siswa penyandang disabilitas dalam keterlibatan pembelajaran matematika di kelas inklusif.

Penguasaan konsep matematika di tingkat sekolah dasar berperan penting sebagai dasar untuk mempelajari materi matematika pada jenjang berikutnya. Rentang usia sekolah dasar, sekitar 6–12 tahun, kerap dipandang sebagai masa emas perkembangan kognitif sekaligus fisik anak. Oleh karena itu, penanaman pemahaman dasar matematika pada fase ini sangat diperlukan sebagai bekal dalam mempelajari konsep yang lebih kompleks di tingkat pendidikan selanjutnya (Rahmalia & Safari, 2024; Radiusman, 2020). Sejalan dengan tahapan perkembangan kognitif, Piaget dalam Anggraita dkk. (2024) menyatakan bahwa anak sekolah dasar berada pada tahap operasional konkret. Pada tahap ini, pembelajaran matematika sebaiknya masih berfokus pada pengenalan. Anak sudah mulai memiliki kemampuan berpikir logis, namun pola pikirnya masih bergantung pada objek-objek nyata yang dapat diamati secara langsung. Dengan demikian, pemanfaatan media pembelajaran dan alat peraga menjadi strategi yang tepat untuk membantu anak memahami konsep matematika pada tahap perkembangan ini (Cerovac & Keane, 2025).

Partisipasi aktif siswa memegang peranan penting dalam membangun suasana belajar matematika yang inklusif serta kolaboratif, di mana guru dan siswa dapat saling aktif bertukar gagasan. Meski demikian, dalam praktik pendidikan dasar inklusi, guru masih menghadapi sejumlah hambatan, seperti keterbatasan adaptasi kurikulum yang ramah aksesibilitas (Oliva, 2016) serta minimnya

media atau alat peraga yang sesuai untuk kebutuhan siswa dengan disabilitas (Krähenmann dkk., 2019). Di sisi lain, siswa penyandang disabilitas kerap menunjukkan tingkat kecemasan terhadap matematika yang lebih tinggi dan memiliki sikap kurang positif, sehingga mengurangi keterlibatan mereka dalam proses belajar. Kondisi ini semakin diperburuk oleh pengalaman belajar yang kurang menyenangkan serta kurangnya dukungan memadai dari pendidik maupun lingkungan sekolah (Nelson dkk., 2022).

Era Society 5.0 ditandai dengan pemanfaatan teknologi digital mutakhir yang terintegrasi dalam berbagai aspek kehidupan, termasuk di bidang pendidikan. Beberapa teknologi utama yang digunakan mencakup kecerdasan buatan (AI), Internet of Things (IoT), big data, sistem siber-fisik, robotika otomatis, serta komputasi awan (Vadivel, 2024). Dalam konteks pendidikan inklusif, penerapan teknologi tersebut membuka peluang bagi seluruh siswa, termasuk peserta didik dengan disabilitas, untuk memperoleh akses belajar yang setara melalui strategi pembelajaran yang bersifat personal dan terdiferensiasi (Demuner dkk., 2024; Wulandari dkk., 2024). Salah satu kerangka yang dijadikan acuan adalah *Universal Design for Learning* (UDL), yang membantu pendidik merancang proses belajar agar lebih dapat diakses, mendorong keterlibatan, dan meningkatkan partisipasi seluruh siswa di kelas inklusif. UDL berperan sebagai pendekatan yang memfasilitasi perencanaan pembelajaran dengan memperhatikan keragaman kebutuhan peserta didik melalui dukungan teknologi (McGhie-Richmond & Bruin, 2015).

Penelitian sebelumnya telah melakukan analisis komprehensif mengenai penggunaan teknologi *Augmented Reality* (AR) dan teknologi bantu dalam menciptakan lingkungan pembelajaran yang inklusif, hasilnya ditemukan bahwa teknologi bantu seperti perangkat *mobile* dan intervensi AR memiliki potensi positif dalam meningkatkan hasil belajar siswa dengan disabilitas, khususnya pada siswa dengan *Autism Spectrum Disorder* (ASD) (Mukhtarkyzy dkk., 2025). Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Layachi dan Pltscford (2024) menunjukkan keefektifan teknologi pendidikan interaktif perangkat keras (*onetable*) dan perangkat lunak (*onecourse*) dalam mendukung pembelajaran anak-anak dengan disabilitas (SEND). Desain responsif penting untuk teknologi pendidikan di negara berpenghasilan rendah dan menengah agar dapat memenuhi kebutuhan semua siswa,

terutama siswa disabilitas (Layachi & Pitchford, 2024).

Assistive Technology (AT) merupakan teknologi yang digunakan untuk mendukung kebutuhan belajar siswa penyandang disabilitas agar mereka dapat berpartisipasi secara penuh dalam lingkungan pendidikan inklusif. AT bisa berupa alat, perangkat lunak, atau sistem yang membantu siswa mengakses kurikulum, berkomunikasi, atau melakukan aktivitas belajar lainnya (Evmenova, 2020; Howorth dkk., 2024; Pagliara dkk., 2023). Penelitian sebelumnya telah menganalisis dan mengevaluasi penggunaan teknologi di pendidikan inklusi. Namun, belum ditemukan *literatur review* yang spesifik menganalisis penggunaan teknologi dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar inklusi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memetakan jenis teknologi yang digunakan dan berpotensi untuk meningkatkan keterlibatan matematika siswa penyandang disabilitas di pendidikan dasar inklusif.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Scoping Review* dalam melakukan riset. *Scoping review* adalah sintesis pengetahuan sistematis untuk memetakan bukti, ide kunci, teori, sumber, dan kesenjangan pengetahuan dalam suatu subjek. Tujuannya adalah memberikan semua informasi relevan, termasuk literatur 'abu-abu' (temuan tidak dipublikasikan), dengan fleksibilitas bagi peninjau untuk memilih jenis publikasi. *Scoping review* memiliki karakteristik yang berbeda dari *systematic review* karena tujuannya bukan untuk mensintesis bukti terkait efektivitas intervensi, melainkan untuk memetakan berbagai jenis bukti yang tersedia, merangkum pendekatan metodologis yang digunakan, serta mengidentifikasi kesenjangan penelitian yang masih belum terisi. Penulisan ini mengacu pada pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses Extension for Scoping Reviews* atau PRISMA-ScR (Tricco dkk., 2018). Pertanyaan penelitian ini adalah "Apa saja jenis teknologi yang digunakan dan berpotensi untuk meningkatkan keterlibatan matematika siswa penyandang disabilitas di pendidikan dasar inklusif?".

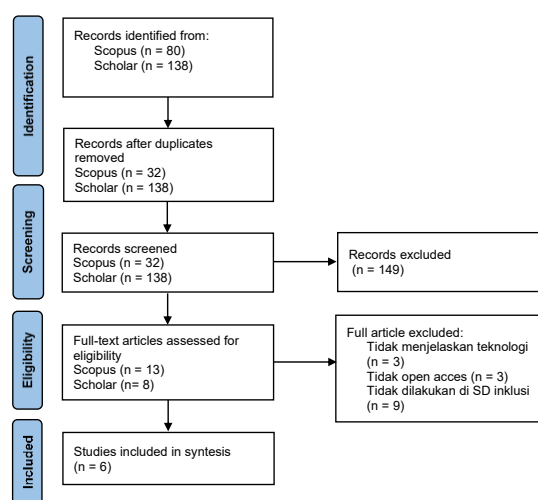
Strategi Pencarian dan Kriteria Inklusi

Pencarian komprehensif dilakukan melalui basis data Scopus dan Google Scholar menggunakan kata kunci "*mathematics*" AND "*technology*" AND "*inclusive school*", "*mathematics*" AND "*technology*" AND "*inclusive education*", dan "teknologi",

"matematika", "SD inklusi". Pencarian literatur tidak dibatasi oleh rentang waktu publikasi, dengan tujuan memperoleh gambaran yang menyeluruh mengenai perkembangan penelitian pada topik tersebut dari waktu ke waktu. Seleksi artikel dilakukan berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Kriteria inklusi mencakup (1) Penelitian tentang implementasi teknologi di pendidikan dasar inklusi; (2) Matematika/STEM; (3) *Open access*; (4) Berbahasa Inggris dan Indonesia. Sementara kriteria eksklusi mencakup: (1) Tinjauan Literatur; (2) Artikel yang tidak membahas teknologi di pendidikan dasar inklusi; (3) Selain matematika/STEM; (4) *Articles that are not accessible/paid* (tidak bisa diakses); (5) Selain bahasa Inggris/Indonesia.

Identifikasi dan Pemilihan Literatur

Artikel yang diperoleh kemudian diseleksi kelayakannya menggunakan kriteria inklusi yang telah ditetapkan, dengan penilaian awal melalui judul dan abstrak. Proses peninjauan studi divisualisasikan dalam diagram PRISMA-ScR (lihat Gambar 1), yang memperlihatkan tahapan mulai dari hasil pencarian, penghapusan duplikasi, seleksi berdasarkan judul/abstrak maupun teks lengkap, alasan eksklusi setelah penelaahan penuh, hingga jumlah akhir studi yang dimasukkan dalam analisis. Setiap artikel yang tidak sesuai dengan kriteria inklusi akan dikeluarkan dari analisis.



Gambar 1. Alur PRISMA-ScR

HASIL DAN PEMBAHASAN

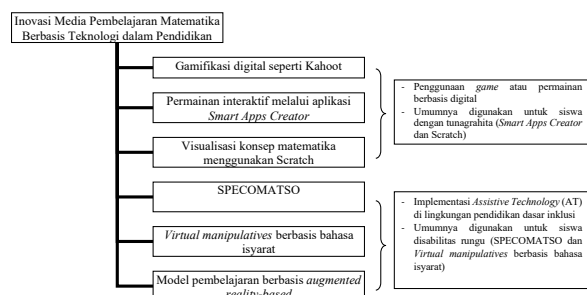
Ragam Media Pembelajaran Matematika Berbasis Teknologi dalam Pendidikan Dasar Inklusif

Tabel 1. Ragam Media Pembelajaran Matematika Berbasis Teknologi dalam Pendidikan Dasar Inklusif

Penulis	Judul	Partisipan	Digunakan Untuk Jenis Disabilitas	Metode	Teknologi yang digunakan
Brecl dkk. (2024)	<i>Steam Learning as A Base For Developing Communication Skills In Inclusive Schools</i>	Terdiri dari 155 siswa dari tingkat pendidikan dasar dan menengah rendah (kelas 3 hingga kelas 9) yang berasal dari enam sekolah di Slovenia. 27 siswa merupakan SEN	Siswa dengan kebutuhan pendidikan khusus (tidak disebutkan secara spesifik)	Kuantitatif, pengumpulan data dilakukan melalui kuesioner online	Gamifikasi melalui penggunaan Kahoot sebagai kuis online interaktif.
Wiliyanto dkk. (2022)	<i>Development of augmented reality-based learning models for students with specific learning disabilities</i>	10 orang pakar untuk validasi model, dan guru pendamping khusus di SD Inklusi kelas 4, 5 dan 6 di Indonesia	Siswa dengan kebutuhan pendidikan khusus (tidak disebutkan secara spesifik)	Metode pengembangan dan survei. Metode pengembangan yang digunakan adalah 4D (four-D)	<i>Augmented Reality (AR)</i>
Andriyani dkk. (2023)	<i>Stimulating mathematical communication with SPECOMATSO technology development based on digital literacy</i>	Dua orang pakar, dua guru matematika dan siswa disabilitas rungu di SD I dan II di Yogyakarta	Disabilitas rungu	<i>Research and development (R&D)</i> yang menggabungkan model Alessi & Trollip dan model V-waterfall.	Pengembangan teknologi SPECOMATSO
Sugianti & Wiratsiwi (2022)	Pengembangan Game Interaktif Berbasis Kearifan Lokal untuk Anak Tunagrahita Ringan di SD Inklusi	Guru kelas I SD inklusi, dua siswa tunagrahita ringan dan dua orang ahli	Tunagrahita ringan	<i>Research and development (R&D)</i> dengan model ADDIE	Game interaktif dengan aplikasi <i>Smart Apps Creator</i>
Jannah dkk. (2021)	Pengembangan Sekolah Inklusi dengan Pemanfaatan Media Visual Scratch dan Alat Peraga Manipulatif	Dua siswa disabilitas (siswa lamban belajar dan siswa tunagrahita) kelas III SDN Lawangan Daya 2 Pamekasan	Siswa lamban belajar dan siswa tunagrahita	Pengabdian yang terdiri dari praktek pembelajaran dan workshop	Media visual scratch
Suarjana dkk. (2024)	<i>Virtual Manipulatives Berbasis Bahasa Isyarat: Teknologi Asistif Untuk Mendukung Siswa Kolok (Penyandang Disabilitas Tunarungu-wicara) dalam Pembelajaran Matematika di Sekolah Dasar</i>	20 guru Sekolah Dasar Inklusi (SD 1 dan SD 2 Bengkala)	Siswa penyandang disabilitas tunarungu-wicara	Penelitian kualitatif yang berfokus pada pelatihan	Teknologi <i>virtual manipulatives</i> berbasis bahasa isyarat

Beragam inovasi media pembelajaran matematika berbasis teknologi telah diidentifikasi dalam berbagai literatur, masing-masing dengan karakteristik dan pendekatan pedagogis yang beragam. Inovasi tersebut meliputi penerapan gamifikasi digital seperti Kahoot (Brecl dkk., 2024), penggunaan permainan interaktif melalui aplikasi *Smart Apps Creator* (Sugiarti & Wiratsiwi, 2022), visualisasi konsep matematika menggunakan Scratch (Jannah dkk., 2021), pengembangan media pembelajaran khusus seperti SPECOMATSO (Andriyani dkk., 2023), *virtual manipulatives* berbasis bahasa isyarat (Suarjana dkk., 2024) serta perkembangan model pembelajaran berbasis *augmented reality-based* (Wiliyanto dkk., 2022). Media pembelajaran menggunakan *game* atau permainan berbasis digital merupakan bentuk paling umum digunakan dalam pembelajaran matematika di pendidikan dasar inklusif.

Meskipun begitu, penggunaan SPECOMATSO, *virtual manipulatives* berbasis bahasa isyarat, dan model pembelajaran berbasis *augmented reality-based* juga memiliki potensi dalam meningkatkan keterlibatan matematika siswa penyandang disabilitas di pendidikan dasar inklusif. Penelitian-penelitian ini dilakukan dalam rentang waktu yang relatif baru (2021-2024), menunjukkan adanya perhatian yang berkelanjutan terhadap inovasi dalam pembelajaran matematika pendidikan dasar inklusif melalui pemanfaatan teknologi. Adapun ringkasan dan pemetaan terkait berbagai inovasi tersebut disajikan pada sketsa berikut:



Gambar 2. Sketsa inovasi media pembelajaran matematika yang berbasis teknologi

Sketsa diatas merupakan sebuah diagram alir yang memaparkan berbagai inovasi media pembelajaran matematika yang berbasis teknologi. Diagram ini secara umum terbagi menjadi dua kelompok besar. Kelompok pertama mencakup inovasi yang bersifat umum dan interaktif, seperti gamifikasi digital menggunakan Kahoot!, permainan interaktif dengan *Smart Apps Creator*, dan visualisasi konsep matematika menggunakan

Scratch. Inovasi-inovasi ini umumnya ditujukan untuk siswa secara luas dan berfokus pada penggunaan aplikasi serta visualisasi digital untuk membuat pembelajaran lebih menarik. Kelompok kedua, yang lebih spesifik, mencakup inovasi yang bersifat teknologi bantu (*assistive technology*), yaitu SPECOMATSO dan Virtual manipulatives berbasis bahasa isyarat. Kedua inovasi ini secara khusus dirancang untuk mendukung siswa dengan disabilitas, seperti tunarungu dan tunagrahita. Jadi, diagram ini tidak hanya menunjukkan beragamnya cara teknologi digunakan dalam pendidikan matematika, tetapi juga menyoroti bagaimana teknologi dapat disesuaikan untuk kebutuhan khusus, menciptakan lingkungan belajar yang lebih inklusif.

Penggunaan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Teknologi dalam Pendidikan Dasar Inklusif

Penggunaan teknologi dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar inklusi telah berkembang pesat untuk mendukung kebutuhan belajar siswa penyandang disabilitas, salah satunya adalah tunagrahita. Teknologi yang digunakan adalah game interaktif berbasis kearifan lokal menggunakan aplikasi *Smart Apps Creator* dan media visual Scratch. Game interaktif berbasis kearifan lokal menggunakan aplikasi *Smart Apps Creator* memadukan unsur budaya lokal dan konsep matematika dasar seperti membilang dan penjumlahan, sehingga lebih menarik dan mudah dipahami oleh siswa dengan keterbatasan kognitif. Proses pengembangan game interaktif meliputi lima tahap: (1) analisis kebutuhan, karakteristik siswa, dan kurikulum; (2) perancangan media, materi, desain *game* (materi-materi matematika digabungkan untuk membuat game interaktif melalui aplikasi *smart apps creator*) dan instrumen penilaian; (3) validasi oleh ahli materi dan media; (4) uji produk kepada siswa dan guru untuk mengukur kepraktisan dan keefektifan; serta (5) evaluasi data dari validasi, respon guru, dan tes siswa (Sugiarti & Wiratsiwi, 2022). Selain itu, terdapat media visual Scratch dan alat peraga manipulatif yang digunakan untuk membantu pemahaman konsep abstrak seperti perkalian bilangan bulat. Scratch, sebagai bahasa pemrograman visual, memungkinkan siswa belajar melalui animasi. Media Scratch ini dapat digabungkan dengan alat peraga manipulatif nyata, seperti kartu domino, kulit kerang, dan garis bilangan, yang membantu siswa melakukan manipulasi langsung untuk memahami konsep secara konkret. Pendekatan ini tidak hanya

meningkatkan pemahaman konsep, tetapi juga menumbuhkan minat belajar dan kemampuan visual siswa penyandang disabilitas, terutama bagi siswa tunagrahita dan lambat belajar (Jannah dkk., 2021).

Hasil dari penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya dimana *game* atau permainan interaktif dapat meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa penyandang disabilitas secara signifikan. Permainan ini sering kali menyertakan unsur-unsur seperti narasi, umpan balik, dan penghargaan, yang membantu mempertahankan minat dan motivasi siswa (Rodríguez-Ferrer dkk., 2024). Pembelajaran berbasis permainan juga dapat meningkatkan interaksi sosial dan keterampilan kolaboratif di antara siswa dengan bekerja sama dalam desain permainan atau memainkan permainan kolaboratif, siswa (termasuk siswa dengan disabilitas) dapat mengembangkan keterampilan sosial yang penting seperti kerja sama tim, komunikasi, dan pengambilan keputusan kolektif (Harrison, 2023; Hughes-Roberts dkk., 2023).

Teknologi lain yang dikembangkan untuk mendukung siswa tunarungu-wicara adalah *virtual manipulatives* berbasis bahasa isyarat dan SPECOMATSO. *Virtual manipulatives* dirancang untuk menampilkan alat peraga matematika secara digital dengan pendampingan bahasa isyarat, sehingga membantu siswa kolok (Penyandang Disabilitas Tunarungu-wicara) memahami konsep tanpa hambatan komunikasi. Penggunaan teknologi *virtual manipulatives* berbasis bahasa isyarat ini dilakukan melalui serangkaian kegiatan pelatihan yang meliputi sosialisasi, pelatihan praktis, dan penerapan langsung di kelas. Guru diberikan pelatihan mengenai cara mengakses dan mengoperasikan media digital tersebut untuk pembelajaran matematika, khususnya yang mendukung komunikasi dengan siswa tunarungu-wicara (Suarjana dkk., 2024). Sementara itu, SPECOMATSO merupakan perangkat lunak yang mengubah ucapan guru menjadi simbol matematika secara real-time, sangat membantu siswa dengan hambatan pendengaran dalam memahami bahasa simbolik matematika. Langkah penggunaannya yaitu: (1) Guru dan siswa menyiapkan perangkat Android yang telah terinstal aplikasi SPECOMATSO; (2) Guru memulai proses pengajaran dengan mengucapkan konsep matematika, khususnya terkait geometri bidang dan sudut, melalui ucapan yang dapat dikenali oleh sistem SPECOMATSO; (3) Guru berbicara menggunakan bahasa yang kemudian akan diproses oleh aplikasi

SPECOMATSO untuk diubah menjadi simbol matematika secara real-time; (4) Aplikasi menerjemahkan ucapan guru menjadi simbol matematika yang tampak di layar perangkat siswa; (5) Siswa dapat berinteraksi dengan materi melalui tampilan simbol, dan proses ini dapat diulang sesuai kebutuhan pembelajaran (Andriyani dkk., 2023).

SPECOMATSO, dan *Virtual manipulatives* berbasis Bahasa Isyarat merupakan implementasi *Assistive Technology* (AT) di lingkungan pendidikan dasar inklusi yang berfungsi sebagai media yang memfasilitasi komunikasi matematika, khususnya dalam menyampaikan simbol dan konsep matematika kepada siswa disabilitas rungu, sehingga dapat mengatasi kendala komunikasi yang biasanya terjadi di lingkungan belajar inklusif. Hal ini didukung oleh temuan dalam penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penggunaan *Assistive Technology* (AT) dapat memfasilitasi komunikasi antara guru dan siswa penyandang disabilitas khususnya disabilitas rungu dalam konteks pembelajaran di kelas inklusif (Thomas, 2022). *Assistive Technology* (AT) juga dapat mendukung dan membantu partisipasi penuh siswa penyandang disabilitas dalam proses pembelajaran, baik dengan memungkinkan mereka mengatasi kerusakan atau gangguan, maupun dengan mengatasi hambatan yang diciptakan oleh metode pendidikan tradisional (Perna dkk., 2020).

Adapun bagi siswa dengan kebutuhan pendidikan khusus, digunakan model pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) yang menyajikan konsep-konsep matematika seperti geometri dan pecahan dalam bentuk visual tiga dimensi. *Augmented Reality* (AR) adalah teknologi yang menggabungkan objek virtual tiga dimensi (3D) ke dalam lingkungan nyata secara langsung dan interaktif. Teknologi ini memproyeksikan atau menampilkan objek virtual tersebut, seperti gambar, model, atau informasi, di atas pandangan dunia nyata melalui perangkat seperti *smartphone*, *tablet*, atau kacamata AR. Penggunaan *Augmented Reality* (AR) dalam studi ini diterapkan dengan cara memproyeksikan gambar tiga dimensi (3D) dari buku pembelajaran yang dilengkapi marker sehingga dapat membantu siswa dengan disabilitas belajar (SLD) dalam memahami materi matematika. Pada tahap pengembangan, AR digunakan untuk menampilkan gambar dan objek matematika seperti operasi bilangan, pecahan, bentuk datar, dan ruang bangun secara kontekstual dan interaktif, sehingga siswa dapat melihat,

memanipulasi, dan belajar secara lebih nyata dan konkret (Wiliyanto dkk., 2022). Sejalan dengan penelitian sebelumnya yang telah melakukan analisis komprehensif mengenai penggunaan teknologi *Augmented Reality* (AR) dan teknologi bantu dalam menciptakan lingkungan pembelajaran yang inklusif, hasilnya ditemukan bahwa teknologi bantu seperti perangkat *mobile* dan intervensi AR memiliki potensi positif dalam meningkatkan hasil belajar siswa dengan disabilitas, khususnya pada siswa dengan *Autism Spectrum Disorder* (ASD) (Mukhtarkyzy dkk., 2025).

Selain itu, gamifikasi melalui penggunaan Kahoot sebagai kuis online interaktif menunjukkan dampak positif terhadap pembelajaran STEAM. Penggunaannya meliputi beberapa langkah utama yaitu: Guru menyusun soal atau kuis interaktif yang relevan dengan materi pelajaran, dalam bentuk yang menarik dan menyesuaikan tingkat kemampuan siswa, termasuk siswa dengan kebutuhan pendidikan khusus (SEN); Selanjutnya, guru memulai sesi pembelajaran dengan mengaktifkan platform Kahoot di kelas. Siswa mengakses kuis melalui perangkat digital seperti tablet, laptop, atau ponsel pintar, menggunakan kode akses yang diberikan oleh guru; Pemantauan guru atas respon dan keterlibatan siswa; Setelah kegiatan selesai, guru dan siswa melakukan refleksi tentang proses belajar, membahas jawaban, serta mengaitkan hasil kuis dengan konsep-konsep pelajaran agar pemahaman lebih mendalam. Siswa menunjukkan peningkatan dalam partisipasi, motivasi, kolaborasi, dan peran aktif dalam pembelajaran, siswa terutama siswa SEN merasa lebih baik dan lebih terlibat dalam pembelajaran ketika gamifikasi digunakan (Brecl dkk., 2024). Teknologi-teknologi ini tidak hanya meningkatkan aksesibilitas dan partisipasi siswa disabilitas, tetapi juga menciptakan lingkungan belajar yang adil, menyenangkan, dan bermakna dalam pembelajaran matematika di pendidikan dasar inklusif.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil *scoping review*, dapat disimpulkan bahwa teknologi memiliki potensi yang signifikan dalam meningkatkan keterlibatan siswa penyandang disabilitas dalam pembelajaran matematika di pendidikan dasar inklusif. Inovasi tersebut meliputi penerapan gamifikasi digital seperti Kahoot (Brecl dkk., 2024), penggunaan permainan interaktif melalui aplikasi *Smart Apps Creator* (Sugiarti & Wiratsiwi, 2022), visualisasi konsep

matematika menggunakan Scratch (Jannah dkk., 2021), pengembangan media pembelajaran khusus seperti SPECOMATSO (Andriyani dkk., 2023), *virtual manipulatives* berbasis bahasa isyarat (Suarjana dkk., 2024) serta perkembangan model pembelajaran berbasis *augmented reality-based* (Wiliyanto dkk., 2022). Meski demikian, efektivitas implementasi teknologi sangat bergantung pada kesesuaian dengan kebutuhan individu siswa, penerapan strategi pedagogis yang tepat, serta dukungan yang memadai bagi pendidik. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan untuk mengatasi keterbatasan yang ada dan memperluas pemahaman mengenai pemanfaatan teknologi dalam menciptakan pembelajaran matematika yang inklusif dan bermakna. Secara keseluruhan, penelitian ini dapat memberikan wawasan mengenai pengembangan media pembelajaran matematika di sekolah dasar inklusif.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyani, Fitriawati, M., Khalil, I. A., Barida, M., & Prahmana, R. C. I. (2023). Stimulating mathematical communication with SPECOMATSO technology development based on digital literacy. *Jurnal Elemen*, 9(2), 475–493. <https://doi.org/10.29408/jel.v9i2.15869>
- Anggraita, R. L., Masruroh, U., Listiyani, L., & Widyasari, C. (2024). Implementasi teori perkembangan kognitif Jean Piaget dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar. *Jurnal Pengembangan dan Penelitian Pendidikan*, 6(3), 67–76.
- At-Taubany, T. I. B., Tutik, T. T., & Parnoningrum, T. (2022). *Mengembangkan pendidikan inklusi di sekolah/madrasah* (1st ed.). Kencana.
- Banerjee, T., & Gautam, M. K. (2024). Inclusive mathematics classroom practices for children with diverse learning needs from the perspective of cognitive load theory. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research*, 10(3). <https://doi.org/10.36713/epra16279>
- Baykaldi, G., Corlu, M. S., & Yabaş, D. (2024). An investigation into high school mathematics teachers and inclusive education for students with visual impairments. *British Journal of Visual Impairment*, 42(1), 124–134. <https://doi.org/10.1177/02646196231175327>
- Borba, N. J. de, Ferreira, V. A. S., Santos, T. P. dos, & Carvalho, S. (2024). Inclusive Education: Strategies and impact on contemporary society. *Revista Gênero e*

- Interdisciplinaridade*, 5(3), 182–191.
<https://doi.org/https://doi.org/10.51249/g.ei.v5i03.2073>
- Brecl, J., Kordigel Aberšek, M., Čampelj, B., & Flogie, A. (2024). Steam learning as a base for developing communication skills in inclusive schools. *Journal of Baltic Science Education*, 23(5), 854–866.
<https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.854>
- Cerovac, M., & Keane, T. (2025). Early insights into Piaget's cognitive development model through the lens of the Technologies curriculum. *International Journal of Technology and Design Education*, 35(1), 61–81.
<https://doi.org/10.1007/s10798-024-09906-5>
- Demuner, J. A., Gondim, F. J., Klauch, J. J., Quadros, S. C. L. de, & Oliveira, M. S. de. (2024). Digital culture in education: opportunities and challenges. *Arace*, 6(3).
<https://doi.org/https://doi.org/10.56238/ar.ev6n3-044>
- Evmenova, A. (2020). Implementation of assistive technology in inclusive classrooms. *International Perspectives on Inclusive Education*, 14, 177–193.
<https://doi.org/10.1108/S1479-363620200000014014>
- Harrison, M. (2023). Supporting primary students with disabilities and neurological differences in developing digital thinking skills through an inclusive game-making club. *Teaching Coding in K-12 Schools: Research and Application* (hlm. 157–169).
https://doi.org/10.1007/978-3-031-21970-2_11
- Howorth, S. K., Marino, M. T., Flanagan, S., Cuba, M. J., & Lemke, C. (2024). Integrating emerging technologies to enhance special education teacher preparation. *Journal of Research in Innovative Teaching and Learning*.
<https://doi.org/10.1108/JRIT-08-2024-0208>
- Hughes-Roberts, T., Brown, D., Burton, A., Shopland, N., Tinney, J., & Boulton, H. (2023). Digital game making and game templates promotes learner engagement in non-computing based classroom teaching. *Technology, Knowledge and Learning*.
<https://doi.org/10.1007/s10758-023-09654-w>
- Jannah, U. R., Putra, F. P. E., Hafsi, A. R., & Basri, H. (2021). Pengembangan sekolah inklusi dengan pemanfaatan media visual scratch dan alat peraga manipulatif. *Wikrama Parahita: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(1), 89–96.
<https://doi.org/10.30656/jpmwp.v5i1.2653>
- Krähenmann, H., Opitz, E. M., Schnepel, S., & Stöckli, M. (2019). Inclusive mathematics instruction: a conceptual framework and selected research results of a video study. *Inclusive Mathematics Education: State-of-the-Art Research from Brazil and Germany* (hlm. 179–196).
https://doi.org/10.1007/978-3-030-11518-0_13
- Layachi, A., & Pitchford, N. J. (2024). Formative evaluation of an interactive personalised learning technology to inform equitable access and inclusive education for children with special educational needs and disabilities. *Technology, Knowledge and Learning*.
<https://doi.org/10.1007/s10758-024-09739-0>
- McGhie-Richmond, D. R., & Bruin, D. C. (2015). Tablets, tweets and talking text: The role of technology in inclusive pedagogy. *International Perspectives on Inclusive Education*, 7, 211–234.
<https://doi.org/10.1108/S1479-363620150000007017>
- Mukhtarkyzy, K., Smagulova, L., Tokzhigitova, A., Serikbayeva, N., Sayakov, O., Turkmenbayev, A., & Assilbayeva, R. (2025). A systematic review of the utility of assistive technologies for SEND students in schools. *Frontiers in Education*, 10.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1523797>
- Nelson, G., Kiss, A. J., & Crawford, A. (2022). Developmental distinctions in mathematics for students with disabilities. *Handbook of Special Education Research, Volume I: Theory, Methods, and Developmental Processes* (hlm. 259–271).
<https://doi.org/10.4324/9781003156857-22>
- Nwoko, J. C., Crowe, M. J., Malau-Aduli, A. E. O., & Malau-Aduli, B. S. (2022). Exploring private school teachers' perspectives on inclusive education: a case study. *International Journal of Inclusive Education*, 26(1), 77–92.
<https://doi.org/10.1080/13603116.2019.1629122>
- Oliva, D. V. (2016). Barriers and resources to learning and participation of inclusive students. *Psicologia USP*, 27(3), 492–

502. <https://doi.org/10.1590/0103-656420140099>
- Pagliara, S., Guerreschi, M., Bitelli, C., Zanfardino, F., Magni, R., & Boscarato, P. (2023). Building policies and initiatives for inclusive educational contexts: the glic italian experience. *Studies in Health Technology and Informatics*, 306, 450–454. <https://doi.org/10.3233/SHTI230659>
- Perna, G., Varriale, L., & Ferrara, M. (2020). Assistive technology for the social inclusion at school: a portrait of italy. *Lecture Notes in Information Systems and Organisation*, 35, 161–176. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34269-2_13
- Radiusman, R. (2020). Studi literasi: pemahaman konsep siswa pada pembelajaran matematika. *FIBONACCI: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 6(1), 1–8. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.24853/fbc.6.1.1-8>
- Rahmalia, S. M., & Safari, Y. (2024). Pentingnya konsep dasar matematika di sekolah dasar. *Karimah Tauhid*, 3(9), 9847–9855. <https://doi.org/https://doi.org/10.30997/karimahtauhid.v3i9.14671>
- Reis, N. M. (2024). Os desafios no ensino de matemática para alunos com deficiência auditiva. *Educação*, 28(136). <https://doi.org/https://doi.org/10.69849/revistaft/th10247281829>
- Rodríguez-Ferrer, J. M., Manzano-León, A., García-Roca, A., & Soler-Delgado, R. (2024). Embark on the adventure! Advancing inclusive secondary education through narrative game learning for students with intellectual disabilities. *Journal of Intellectual Disabilities*. <https://doi.org/10.1177/17446295241302400>
- Suarjana, I. M., Setemen, K., & Diputra, K. S. (2024). Virtual manipulatives berbasis bahasa isyarat: teknologi asistif untuk mendukung siswa kolok (penyandang disabilitas tunarungu-wicara) dalam pembelajaran matematika di sekolah dasar. *International Journal of Community Service Learning*, 8(4), 422–429. <https://doi.org/10.23887/ijcsl.v8i4.85214>
- Sugiarti, Y. P., & Wiratsiwi, W. (2022). Pengembangan game interaktif berbasis kearifan lokal untuk anak tunagrahita ringan di SD inklusi. *Elementary school journal*, 1(1), 7-11.
- Thomas, F. B. (2022). The effective practice of assistive technology to boom total communication among children with hearing impairment in inclusive classroom settings. *Intelligent Systems for Rehabilitation Engineering*. 223–238. <https://doi.org/10.1002/9781119785651.ch10>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garritty, C., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467–473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- Ummah, R., Safara, N. S. T., Kurnilasari, A. R. U., Dimas'udah, H. R., & Sukma, V. A. M. (2023). Tantangan atau hambatan dalam menerapkan pendidikan inklusi. *Jurnal Madrasah Ibtidaiyah (JMI)*, 2(1), 111–118.
- Vadivel, S. R. S. (2024). Integrating the industrial revolution 5.0 With AI: A paradigm shift in manufacturing and beyond. In *Industry Applications of Thrust Manufacturing: Convergence with Real-Time Data and AI*. 118–147. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-4276-3.ch005>
- Wiliyanto, D. A., Gunarhadi, G., Anggarani, F. K., Yusuf, M., & Subagya, S. (2022). Development of augmented reality-based learning models for students with specific learning disabilities. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 17(8), 2915–2926. <https://doi.org/10.18844/cjes.v17i8.7845>
- Wulandari, C. E., Firdaus, F. A., & Saifulloh, F. (2024). Promoting Inclusivity Through Technology: A Literature Review in Educational Settings. *Journal of Learning and Technology*, 3(1), 19–28. <https://doi.org/https://doi.org/10.33830/jlt.v3i1.9731>