

**MEDIA DIORAMA BERBASIS *AUGMENTED REALITY* PADA MATERI
PENGENALAN SEL UNTUK MENINGKATKAN KOMUNIKASI SISWA TULI****Tamara Pramesti^{1*}, Candra Risqi Rahmandani**¹Universitas Negeri Semarang, Semarang*Email korespondensi: tamarapramesti11@students.unnes.ac.id**ABSTRAK**

Kesulitan dalam memahami materi sains sering dialami siswa, terutama yang bersifat abstrak seperti struktur sel, karena keterbatasan komunikasi verbal. Media diorama dengan dukungan teknologi AR dirancang untuk menampilkan objek tiga dimensi yang dapat berinteraksi secara visual, serta dilengkapi dengan informasi berbasis visual dan bahasa isyarat. Penelitian ini menggunakan Canva dan Assembler Edu sebagai alat pembuatan media. Hasil pengembangan menunjukkan bahwa media ini memiliki tampilan visual dan interaktif. Temuan ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi AR dalam media pembelajaran diorama dapat menjadi solusi inovatif dalam mendukung komunikasi dan pemahaman konsep sains bagi siswa tuli.

Kata kunci: Augmented Reality; diorama; komunikasi; pembelajaran IPA; siswa tuli.

PENDAHULUAN

Pendidikan merupakan hak bagi setiap individu dalam rangka mengembangkan tiga aspek penting yaitu kognitif, afektif dan psikomotorik. Dalam UU Nomor 20 Tahun 2003 Pasal 4 Ayat 1 menyatakan bahwa pendidikan diselenggarakan secara demokratis dan berkeadilan serta tidak diskriminatif dengan menjunjung tinggi hak asasi manusia, nilai keagamaan, nilai kultural dan kemajemukan bangsa (Rizky, 2020). Hal ini juga berlaku untuk masyarakat berkebutuhan khusus, maka dari itu pendidikan inklusi hadir sebagai fondasi utama untuk memenuhi kebutuhan pendidikan yang harus dicapai secara holistik. Tujuan pendidikan inklusif adalah untuk memungkinkan siswa dengan kebutuhan khusus menghadiri sekolah yang sama dengan teman sekelas mereka (Artiles, 2020). Pendidikan inklusif tidak hanya berkaitan dengan siswa dengan disabilitas, tetapi juga harus mempertimbangkan konteks sosial dan struktural yang lebih luas (Sahrudin et al., 2023).

Disabilitas adalah kondisi dimana fungsi tubuh, alat indra atau kemampuan berbicara yang terganggu (Bruce et al., 2018). Tidak ada manusia yang sama sekali tidak bisa mendengar, tetapi salah satunya adalah orang dengan gangguan pendengaran yang memiliki penyakit yang menghalangi mereka mendengar suara dengan jelas atau tidak sama sekali. Menurut Leigh et al (2020) Tuli merujuk pada identitas budaya dan komunitas yang unik. Istilah ini tidak hanya menggambarkan kondisi kehilangan pendengaran secara medis, tetapi juga mencerminkan afiliasi dengan budaya, bahasa, dan nilai-nilai komunitas Tuli. Klasifikasi kemampuan mendengar antara lain *deaf* atau tuli dan kategori kurang dengar atau bisa disebut dengan *hard of hearing* (Mardiansah et al., 2024). Adanya kesulitan pendengaran membuat tuli kesulitan dalam berkomunikasi. Namun ada beberapa cara yang digunakan tuli dalam berkomunikasi yaitu bahasa bibir, bahasa isyarat melalui gerak tubuh atau dengan tulisan (Wahyudi et al., 2024).

Dalam konteks pembelajaran, tuli juga mengikuti alur pembelajaran seperti sekolah reguler. Tetapi dalam pelaksanaannya mengalami berbagai macam hambatan seperti kurang aktif dalam merespons informasi dari guru dan sulit memahami bacaan, sehingga perlu bimbingan (Alanazi, 2021). Pelajaran sains merupakan hal penting, salah satu materi yang sulit dipahami oleh tuli adalah materi Pengenalan sel karena merupakan konsep abstrak dan keterbatasan komunikasi verbal. Bagi siswa reguler saja materi ini cukup sulit apalagi bagi siswa tuli. Oleh karena itu diperlukan inovasi untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih komunikatif. Kemajuan teknologi di abad ini seperti *Augmented Reality* telah terbukti mampu meningkatkan partisipasi siswa dalam belajar (Zaid et al., 2022).

Menurut Anggraeni & Wachidah (2024) karakteristik desain media pembelajaran mencakup beberapa aspek penting, diantaranya media visual yang kuat, interaktivitas, dan aksesibilitas. Media pembelajaran yang selama ini digunakan seringkali kurang mendukung kebutuhan visual dan interaktif siswa tuli. Media yang ada cenderung bersifat tekstual dan kurang memanfaatkan teknologi yang dapat membantu visualisasi konsep konsep abstrak. Selain itu integrasi bahasa isyarat juga penting karena siswa tuli memiliki keterbatasan komunikasi. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Maulina et al (2024) penggunaan bahasa isyarat harus dimasukkan kedalam media pembelajaran sebagai alat bantu dalam memahami materi dengan lebih baik. Selain itu pendekatan komunikasi total dari guru juga perlu untuk membantu proses penyampaian informasi. Beberapa materi sains bersifat abstrak, dan tidak semua item sains dapat disajikan kepada siswa dengan cara yang konkret. Siswa akan dapat mendekatkan diri dengan objek pembelajaran mereka dengan bantuan media pendidikan.

Fokus bahasa isyarat adalah pada gerakan bibir, ekspresi tubuh, dan komunikasi fisik. Komunitas Tuli menggunakan bahasa isyarat sebagai alat komunikasi. Selain itu, bahasa isyarat berfungsi sebagai alat bagi penggunaannya untuk menerima informasi dan mengidentifikasi diri

mereka (Ulfah & Ubaidah, 2023). Perbedaan mendasar antara bahasa isyarat dan bahasa lisan terletak pada modalitas atau sarana produksi dan persepsinya. Bahasa lisan diproduksi melalui alat ucap (oral) dan dipersepsi melalui alat pendengaran (auditoris), sementara bahasa isyarat diproduksi melalui gerakan tangan (gestur) dan dipersepsi melalui alat penglihatan (visual). Dengan demikian, bahasa lisan bahasa yang bersifat oral-auditoris, sementara bahasa isyarat bersifat visual-gestural.

Penting untuk mempertimbangkan bahasa isyarat dalam pembuatan media pembelajaran untuk siswa tuli. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan oleh Lucas & Valli (2023) dalam bukunya yang berjudul “Language contact in the American deaf community” menyatakan bahwa ada beberapa pola yang ditemukan dalam interaksi di komunitas tuli, yaitu Contact Signing adalah bentuk komunikasi isyarat yang berada di antara bahasa isyarat alami (misal ASL, BISINDO, atau SIBI) dengan bahasa lisan yang diisyaratkan secara manual. *Contact Signing* muncul paling sering dalam interaksi antara Tuli dan pendengar, atau saat situasi formal seperti ruang kelas, pengadilan, atau rapat. Selain itu, terjadi *code-switching* dalam percakapan, di mana pengguna berpindah antar bentuk bahasa isyarat sesuai konteks dan lawan bicara. Temuan ini menunjukkan bahwa *contact signing* bukan pidgin, melainkan sistem komunikasi yang stabil dengan aturan internal. Implikasinya, pendidikan Tuli dan pengajaran bahasa kedua perlu mengakomodasi variasi ini, menjadikannya jembatan dalam proses belajar serta alat bantu komunikasi yang efektif di lingkungan inklusi.

Karena sifatnya yang menarik dan potensinya untuk mendorong partisipasi siswa dalam proses pembelajaran sains, media diorama adalah alat pembelajaran yang layak. Sebuah diorama adalah bentuk miniatur tiga dimensi yang dimaksudkan untuk menggambarkan atau menjelaskan situasi atau kejadian yang aktif (Evitasari & Aulia, 2022). Di dalam diorama terdapat benda tiga dimensi yang berukuran kecil seperti rumah-rumahan, orang-orangan, atau suatu ekosistem (Kediri et al., 2024). Sebuah alat pembelajaran visual yang mungkin dimasukkan *Augmented Reality* adalah media diorama yang dibuat dalam penelitian ini. Sehingga akan berbeda dengan media diorama lainnya yang biasanya dalam bentuk tiga dimensi saja.

Augmented Reality (AR) memungkinkan pengalaman interaktif dengan dunia nyata di mana objek di dunia nyata ditingkatkan oleh informasi persepsi yang dihasilkan komputer (Garzón, 2021). Aplikasi AR dibuat menggunakan pendekatan berbasis marker, yang menggunakan marker yang telah direkam dalam basis data untuk menemukan pola atau gambar (target gambar). Pendekatan berbasis marker multi-target, yang merupakan varian dari metode berbasis marker, digunakan di sini untuk memungkinkan pengguna membuat kata-kata menggunakan marker yang diberikan. Pada penelitian ini AR digunakan untuk membantu mengenalkan istilah sains dalam materi Pengenalan sel. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk membuat inovasi media pembelajaran yaitu diorama berbasis AR untuk meningkatkan komunikasi siswa tuli.

Berdasarkan dampak positif dan permasalahan yang dijelaskan, banyak penelitian mengenai pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran. Dalam upaya mengoptimalkan kemampuan komunikasi peserta didik, sebagai bagian dari keterampilan abad ke-21, melalui konteks-konteks yang ditawarkan pada pendekatan media pembelajaran. Dengan ini, inovasi dalam pengembangan media diorama terintegrasi AR, diharapkan peserta didik mampu memperoleh pengetahuan serta meningkatkan komunikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembelajaran di Indonesia masih sangat terbatas dalam hal media pembelajaran. Penelitian yang dilakukan oleh (Nasution et al., 2024) menyebutkan bahwa kurangnya

keaktivitas dalam penggunaan media dapat menghambat efektivitas pembelajaran dan partisipasi siswa. Penting untuk meningkatkan keterampilan guru dalam memanfaatkan media pembelajaran yang variatif. Berdasarkan dari analisis pembelajaran tersebut, perlu adanya inovasi dalam media pembelajaran, yaitu diorama untuk menunjang keberhasilan dalam sebuah pembelajaran. Di era digital saat ini, tentu banyak teknologi yang berkembang dan bervariasi. Oleh karena itu, perlunya pemanfaatan yang bertujuan untuk pengoptimalan kemampuan komunikasi peserta didik tuli.

Pengembangan media diorama berbasis Augmented Reality (AR) pada materi pengenalan sel merupakan bentuk inovasi dalam menjawab tantangan komunikasi siswa tuli dalam pembelajaran IPA. Media ini dirancang dengan menggabungkan kekuatan visualisasi tiga dimensi melalui diorama dan teknologi AR sebagai alat bantu interaktif. Dengan menggunakan AR, siswa dapat melihat objek sel secara real-time, yang memungkinkan mereka untuk memahami struktur dan fungsi sel dengan lebih baik. Selain itu, media ini juga dilengkapi dengan elemen bahasa isyarat, sehingga siswa tuli dapat mengikuti penjelasan dengan lebih mudah dan efektif. Penggunaan diorama yang interaktif ini tidak hanya meningkatkan komunikasi siswa tetapi juga mendukung pendekatan STEM yang mengintegrasikan sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam pembelajaran (Lailiyah & Widiyono, 2023).

Pembuatan Desain Diorama

Media diorama ini didesain dengan memanfaatkan aplikasi Canva, yang hasil produknya dapat diakses peserta didik secara offline maupun online. Pengembangan bahan ajar pada mata pelajaran IPA ini, khususnya pada materi “Pengenalan Sel”, menggunakan pendekatan berupa *Augmented Reality*, sehingga memberikan suasana baru dalam pembelajaran IPA. Media pembelajaran ini dilengkapi dengan:

Tabel 1. Komponen Media Diorama Berbasis AR dan Manfaatnya untuk Siswa Tuli

Komponen Media	Fungsi Utama	Manfaat untuk Siswa Tuli
Diorama Fisik	Representasi nyata lingkungan sel	Memberi anchor visual dan pengalaman konkret
Marker AR	Pemicu objek digital dalam aplikasi AR	Menyambungkan dunia nyata ke dunia digital
Aplikasi AR	Menampilkan model sel 3D dan animasi fungsi organel	Membantu visualisasi konsep abstrak secara dinamis
Bahasa Isyarat Visual	Menjelaskan istilah sains melalui gerakan/symbol	Mendukung komunikasi dan pemahaman terminologi

Diorama dirancang sebagai miniatur lingkungan pembelajaran yang merepresentasikan pengertian sel. Fungsi utama diorama ini adalah memberikan *anchor visual* atau landasan fisik yang dapat disentuh dan diamati secara langsung oleh siswa. Bagi siswa tuli yang mengandalkan indera penglihatan sebagai saluran utama pembelajaran, keberadaan media nyata seperti ini sangat membantu dalam membangun skemata awal terhadap konsep abstrak seperti sel. Diorama juga dilengkapi dengan label visual yang menggunakan warna kontras dan simbol sederhana agar mudah dipahami. Selain sebagai alat bantu pengamatan, diorama berperan sebagai latar atau panggung bagi aktivasi AR melalui marker yang ditempatkan pada bagian-bagian tertentu. Konsep diorama ini terdiri dari dua sisi, dimana satu sisi akan berisi tentang sel tumbuhan dan *QR code* yang jika di scan akan menampilkan AR. Di sisi lainnya terdapat informasi mengenai sel hewan disertakan pula dengan *QR code* yang menampilkan

AR. Menurut Lailiyah & Widiyono (2023b) mengatakan bahwa pengembangan media diorama berbasis pendekatan STEAM terbukti sangat layak dan cukup efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SD, khususnya dalam materi metamorfosis.



Pembu Gambar 2. Desain Diorama Sel Tumbuhan **R)**

Gambar 2. Desain Diorama Sel Hewan

Sementara diorama memberikan pengala man fisik dan kontekstual, teknologi AR ditambahkan untuk menghadirkan visualisasi dinamis dan interaktif. Media AR dikembangkan berbasis marker gambar atau simbol yang dipindai oleh kamera perangkat (seperti tablet atau smartphone) dan memunculkan objek tiga dimensi secara digital. Model AR yang dirancang meliputi struktur sel hewan dan tumbuhan. Setiap marker yang dikenali akan menampilkan elemen sel tertentu dalam bentuk model 3D, yang bisa diputar, diperbesar, atau dijelajahi dari berbagai sudut. Visualisasi ini disertai dengan informasi visual tambahan seperti nama organel dan fungsinya. Pembuatan *Augmented Reality* (AR) ini menggunakan website atau aplikasi dari Assembler Edu dengan membuat proyek baru dan mengupload file GLB lalu disesuaikan untuk penampilan dari AR. Berikut adalah tampilan *Augmented Reality* jika sudah di scan akan menampilkan judul sel dan gambar dari sel serta terdapat fitur point yang jika di klik akan menampilkan informasi dari bagian tertentu sel.



Gambar 3. Tampilan Hasil AR Sel

Sebagai upaya untuk menjangkau kebutuhan khusus siswa tuli, sistem AR juga dirancang untuk menampilkan animasi atau ilustrasi bahasa isyarat yang menjelaskan istilah biologis, misalnya "mitokondria" atau "membran sel". Komponen ini dirancang agar media tidak hanya informatif tetapi juga aksesibel secara komunikatif. Mengingat pentingnya bahasa

isyarat sebagai jembatan komunikasi bagi siswa tuli, visualisasi ini seharusnya memberikan penjelasan yang lebih komprehensif. Animasi bahasa isyarat akan muncul secara interaktif saat siswa memilih bagian sel tertentu, sehingga memperkaya pengalaman belajar. Menurut penelitian Hamdani & Bustamin (2023) aplikasi Augmented Reality berbasis mobile yang dirancang untuk membantu siswa tuli dan masyarakat umum dalam mempelajari bahasa isyarat abjad menggunakan model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) sangat efektif dan layak digunakan. Namun, pada penelitian ini karena keterbatasan teknis dan sumber daya, visualisasi bahasa isyarat belum dapat diimplementasikan dalam prototipe AR ini. Meskipun demikian, pentingnya inklusi dan berharap ide ini dapat menjadi fokus pengembangan di masa mendatang, sehingga media pembelajaran sains ini dapat diakses oleh semua siswa, tanpa terkecuali. Untuk mengintegrasikan bahasa isyarat berupa model 3D tangan dalam AR diperlukan beberapa elemen dengan teknis sebagai berikut:

1. Bahasa isyarat mengenai suatu kata dalam pembelajaran sains, banyak kata dalam bahasa lisan yang belum memiliki bahasa isyarat.

Dalam komunikasi sehari-hari, beberapa istilah sains seperti "membran sel", "mitokondria", atau "ribosom" belum memiliki padanan bahasa isyarat yang diakui secara nasional maupun internasional. Akibatnya, guru seringkali harus melakukan improvisasi dengan menggunakan isyarat deskriptif atau menjelaskan lewat tulisan, yang bisa menyulitkan siswa dalam memahami konsep abstrak. Kondisi ini menjadi salah satu kendala teknis dalam pengembangan AR, karena jika ingin mengintegrasikan bahasa isyarat ke dalam visualisasi digital, perlu terlebih dahulu memastikan bahwa istilah-istilah tersebut memiliki isyarat yang disepakati. Tanpa adanya keseragaman bahasa isyarat untuk istilah sains, proses pembuatan animasi atau model 3D tangan pun menjadi tidak optimal, karena dikhawatirkan terjadi perbedaan persepsi di lapangan.

2. Jika akan diintegrasikan dalam AR perlu adanya file GLB dari bahasa isyarat tersebut dan cukup sulit untuk mencari atau membuat hal tersebut.

Format GLB adalah standar file untuk objek 3D yang bisa digunakan dalam berbagai platform AR, namun untuk membuat atau memperoleh file GLB dari gerakan tangan yang merepresentasikan bahasa isyarat khusus sangatlah sulit. Proses pembuatan file ini memerlukan keahlian khusus dalam animasi 3D dan pemodelan gestur tangan secara detail agar sesuai dengan aturan bahasa isyarat yang berlaku, seperti SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia). Sayangnya, hingga saat ini belum banyak tersedia file GLB bahasa isyarat untuk istilah sains di Indonesia, dan proses pembuatannya pun membutuhkan waktu, biaya, serta perangkat lunak khusus. Oleh karena itu, keterbatasan teknis ini menjadi salah satu alasan mengapa pada prototipe media yang dikembangkan dalam penelitian ini, fitur animasi bahasa isyarat digital belum dapat sepenuhnya direalisasikan, meskipun keberadaannya sangat penting dalam menciptakan media pembelajaran sains yang inklusif.

SIBI (Sistem Isyarat Bahasa Indonesia), alat komunikasi untuk penyandang tuli yang menggabungkan bahasa lisan, isyarat, ekspresi wajah, dan gerakan lainnya, akan dimasukkan ke dalam AR ini. SIBI adalah bahasa isyarat yang ditetapkan pemerintah yang digunakan dalam pendidikan khusus (SLB) (Sri Nugraheni et al., 2021). Bahasa isyarat ini dirancang agar sesuai dengan tata bahasa Indonesia sehingga dapat mendukung pembelajaran formal. Selain itu, SIBI juga menggunakan ejaan jari untuk melafalkan huruf-huruf alfabet. Dengan demikian, SIBI diharapkan dapat membantu penyandang tuli dalam memahami dan menggunakan bahasa Indonesia secara lebih terstruktur.

Integrasi Diorama dengan *Augmented Reality*

Setelah AR yang dibuat telah siap, langkah selanjutnya adalah membuat QR Marker yang akan ditempel pada desain diorama. QR Marker ini berfungsi sebagai penanda yang dapat dipindai oleh perangkat pengguna, seperti smartphone atau tablet, untuk mengakses konten digital yang terkait dengan diorama tersebut. Dengan memindai QR Marker, pengguna dapat melihat objek virtual yang muncul di atas diorama, seperti representasi 3D dari objek. Hal ini tidak hanya memperkaya informasi yang disajikan, tetapi juga meningkatkan keterlibatan peserta didik dengan cara yang lebih menarik dan interaktif.



Gambar 4. Integrasi Media Diorama dan AR

Media Diorama Berbasis AR sebagai Upaya Meningkatkan Komunikasi Peserta Didik

Sinergi antara diorama dan AR menciptakan pengalaman belajar multimodal yang mendukung gaya belajar visual-kinestetik. Diorama memberi konteks nyata dan pengalaman observasi langsung, sedangkan AR melengkapi dengan animasi digital, penjelasan dinamis, dan integrasi komunikasi visual. Media diorama berbasis AR mendorong siswa untuk terlibat secara aktif dalam kegiatan eksplorasi materi. Tidak hanya sebatas menerima informasi dari guru, peserta didik dapat mengeksplorasi diorama fisik serta marker-marker AR untuk memunculkan gambar 3D yang interaktif. Setiap marker dapat memunculkan model organel sel yang berbeda-beda, sehingga siswa bebas memilih bagian mana yang ingin dipelajari lebih dulu atau berulang kali sesuai keinginan mereka. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip student-centered learning, di mana peserta didik menjadi subjek utama dalam proses belajar. Hal ini penting bagi siswa tuli yang membutuhkan waktu serta cara belajar yang sesuai dengan gaya visual dan gerak tubuh.

Salah satu tantangan utama dalam pembelajaran siswa tuli adalah keterbatasan komunikasi verbal. Melalui media ini, komunikasi dua arah dapat lebih mudah tercapai karena guru dapat menjelaskan menggunakan diorama, lalu siswa memberikan respon atau bertanya dengan menunjuk objek visual yang ada, baik di diorama maupun model AR. Interaksi ini akan menciptakan suasana kelas yang partisipatif dan dialogis, di mana siswa tidak hanya menjadi penerima informasi, tetapi juga aktif bertanya dan menyampaikan pemahaman melalui media visual yang tersedia. Dengan begitu, komunikasi tidak hanya terfokus pada verbal saja, tetapi diperluas melalui media visual interaktif.

Sebagai media inklusif, diorama berbasis AR ini juga dirancang dengan mempertimbangkan integrasi bahasa isyarat sebagai salah satu elemen penting. Penggunaan

visualisasi bahasa isyarat, baik dalam bentuk ilustrasi maupun animasi sederhana, membantu siswa tuli dalam memahami istilah-istilah sains yang sering kali abstrak. Komunikasi total yang memadukan visualisasi objek, teks, dan bahasa isyarat memberikan peluang lebih besar bagi siswa untuk menyerap informasi. Meskipun dalam pengembangan awal fitur animasi bahasa isyarat digital belum sepenuhnya optimal, gagasan untuk menyertakan bahasa isyarat ini sudah merupakan langkah strategis untuk membangun media pembelajaran yang setara dan ramah difabel.

Bagi siswa tuli, memahami konsep abstrak seperti struktur sel memerlukan media yang mampu menghubungkan pengalaman nyata dengan penjelasan konsep ilmiah. Media diorama fisik memberikan pengalaman konkrit melalui miniatur lingkungan sel, sementara AR menghadirkan visualisasi organel yang sebelumnya sulit dibayangkan. Proses ini membantu peserta didik melakukan transisi dari konsep yang bisa dilihat dan disentuh ke bentuk abstrak yang divisualisasikan melalui teknologi. Dengan demikian, siswa dapat membangun skemata konsep ilmiah secara bertahap, dari yang konkret ke yang abstrak, tanpa merasa kesulitan karena keterbatasan komunikasi verbal. Dengan mempertimbangkan keterbatasan siswa tuli dalam akses terhadap informasi verbal, desain media ini memiliki potensi tinggi untuk memperkaya proses pembelajaran IPA di sekolah inklusi.

KESIMPULAN

Pengembangan media diorama berbasis Augmented Reality (AR) pada materi pengenalan sel memberikan kontribusi konseptual terhadap inovasi pembelajaran bagi siswa tuli. Media ini dirancang tidak hanya untuk menyampaikan konsep abstrak secara visual dan interaktif, tetapi juga sebagai solusi terhadap hambatan komunikasi melalui integrasi elemen bahasa isyarat. Pendekatan ini menawarkan alternatif pembelajaran yang inklusif, multimodal, dan berbasis teknologi, yang dapat meningkatkan pemahaman konsep sains sekaligus memperkuat komunikasi visual antara guru dan siswa tuli. Gagasan konseptual ini diharapkan menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut serta penerapan nyata di lingkungan pembelajaran inklusi. Ke depan, penyempurnaan fitur seperti animasi bahasa isyarat dalam AR dapat menjadi fokus pengembangan lanjutan untuk menciptakan media pembelajaran yang semakin aksesibel dan adaptif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alanazi, M. (2021). Communicating With Deaf Students in Inclusive Schools: Insights From Saudi University Faculty. *Eurasian Journal of Educational Research*, 95, 188–209. <https://doi.org/10.14689/EJER.2021.95.11>
- Anggraeni, F., & Wachidah, K. (2024). Desain Media Pembelajaran Ensiklopedia Sains Interaktif Untuk Penyandang Difabel. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 1(4), 1–14. <https://doi.org/10.47134/pgsd.v1i4.717>
- Artiles, A. J. (2020). Inclusive Education in the 21st Century Disruptive Interventions. In *Educational Forum* (Vol. 84, Issue 4, pp. 289–295). Routledge. <https://doi.org/10.1080/00131725.2020.1831821>
- Bruce, S. M., Luckner, J. L., & Ferrell, K. A. (2018). Assessment of Students With Sensory Disabilities: Evidence-Based Practices. *Assessment for Effective Intervention*, 43(2), 79–89. <https://doi.org/10.1177/1534508417708311>
- Evitasari, A. D., & Aulia, M. S. (2022). Media Diorama dan Keaktifan Belajar Peserta Didik dalam Pembelajaran IPA. *Jurnal Riset Pendidikan Dasar (JRPD)*, 3(1), 1.
- Garzón, J. (2021). An Overview of Twenty-five Years of Augmented Reality in Education. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(7), 37.

- Hamdani, I. M., & Bustamin, S. (2023). Pengoptimalan Komunikasi Bahasa Isyarat Abjad dengan Augmented Reality. *Jurnal PROCESSOR*, 18(2).
- Kediri, S. R. S. P., Elliza, Widodo, S. T., Nuraeni, R., & Fitriyanti. (2024). PjBL Berbasis Diorama dan Pop-Up Book: Upaya Meningkatkan Minat dan Motivasi Belajar. *Jurnal Basicedu*, 8 (1), 4727–4320. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i6.9104>
- Lailiyah, N. N., & Widiyono, A. (2023a). Pengembangan Media Diorama berbasis STEAM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa di Sekolah Dasar. *BASICA Journal of Arts and Science in Primary Education*, 3(1), 95–108. <https://doi.org/10.37680/basica.v3i1.3678>
- Lailiyah, N. N., & Widiyono, A. (2023b). Pengembangan Media Diorama berbasis STEAM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa di Sekolah Dasar. *BASICA Journal of Arts and Science in Primary Education*, 3(1), 95–108. <https://doi.org/10.37680/basica.v3i1.3678>
- Leigh, I. W., Andrews, J. F., Harris, R. L., & Ávila, T. G. (2020). Deaf culture: Exploring deaf communities in the United States. Plural Publishing.
- Lucas, C., & Valli, C. (2023). Language contact in the American deaf community. Brill.s
- Mardiansah, Ramadhan, R. A., & Suryani, R. (2024). Mengenal Anak Berkebutuhan Khusus dan Klasifikasinya. *Ta'rim: Jurnal Pendidikan Dan Anak Usia Dini*, 5(1), 164–170. <https://doi.org/10.59059/tarim.v5i1.1013>
- Maulina, C. P., Fitria, A., & Fadila, N. (2024). Analisis Karakteristik dan Aktivitas Belajar Anak Berkebutuhan Khusus (Tunarungu) Di Sekolah SLB-B YPAC Banda Aceh. *Juni*, 8(1), 1–10. <https://jurnal.unugha.ac.id/index.php/warna>
- Nasution, S. H., Dora, N., & Hati, S. T. (2024). Kreativitas Guru Dalam Mengatasi Keterbatasan Media Pembelajaran IPS di Sekolah SMP Yayasan Perguruan Bandung. *Kreativitas Guru Dalam Mengatasi Keterbatasan Media Pembelajaran IPS Di Sekolah SMP Yayasan Perguruan Bandungkhidmat*, 2(2), 171–183. <https://ejournal.edutechjaya.com/index.php/>
- Rizky, R. I. (2020). Kewajiban Negara Dalam Penyediaan Fasilitas Pendidikan Kepada Masyarakat Menurut Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003 Tentang Sistem Pendidikan Nasional. *Lex Privatum*, 8 (2), 143–152.
- Sahrudin, M., Djafri, N., Suling, A., & Sahrudin, M. (2023). Pengelolaan Pendidikan Inklusif. *Jambura Journal of Educational Management*, 4, 162–179. <https://ejournal-fip-ung.ac.id/ojs/index.php/jjem/index>
- Sri Nugraheni, A., Pratiwi Husain, A., & Unayah, H. (2021). Optimalisasi Penggunaan Bahasa Isyarat Dengan SIBI Dan BISINDO Pada Mahasiswa Difabel Tunarungu Di Prodi PGMI UIN SUNAN KALIJAGA. *Holistika: Jurnal Ilmiah PGSD*, 1 (1), 28–33.
- Ulfah, S. M., & Ubaidah, S. (2023). Ulfah Penerapan Bahasa Isyarat dalam Pembelajaran bagi Anak Berkebutuhan Khusus Tuna Rungu. *JOURNAL OF DISABILITY STUDIES AND RESEARCH*, 2023(1), 6–23.
- Wahyudi, A. P. A., Farah, A., Faridah Solihah, R., Dwi Putri, T., & Hamidah, S. (2024). Upaya Meningkatkan Kosakata Pada Anak Tunarungu. *Fonologi : Jurnal Ilmuan Bahasa Dan Sastra Inggris*, 2(2), 24–33. <https://doi.org/10.61132/fonologi.v2i2.592>
- Zaid, M., Razak, F., & Alam, A. A. F. (2022). Keefektifan Media Pembelajaran Augmented Reality Berbasis STEAM dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Pelita: Jurnal Pembelajaran IPA Terpadu*, 2(2), 59–68. <https://doi.org/10.54065/pelita.2.2.2022.316>