



## Penerapan Media *Augmented Reality* Menggunakan *Assemblr Edu* untuk Meningkatkan Prestasi Akademik Bidang IPAS di Tingkat Sekolah Dasar

Titik Handayani\*

Sri Sami Asih

Prodi Pendidikan Guru Sekolah Dasar, Fakultas Ilmu Pendidikan dan Psikologi, Kota Semarang

\*Penulis korespondensi, E-mail: [titikhandayani24@students.unnes.ac.id](mailto:titikhandayani24@students.unnes.ac.id)

Paper received: 27-9-2024; revised: 11-10-2024; accepted: 16-10-2024

### Abstract

This study examines the effectiveness of Augmented Reality (AR) media in teaching Indonesian cultural diversity. AR is a technological innovation that combines the real world with virtual objects to create a more interactive and meaningful learning experience. The research employs the Research and Development (R&D) method using the Borg and Gall model, with a sample of 23 fourth-grade students from SDN 3 Sugihan out of a total population of 75 students. Data collection was conducted through observation, interviews, questionnaires, and documentation. Data analysis techniques include product feasibility testing, validity and reliability testing, data normality testing, and paired sample t-test. The results show an increase in students' average scores from 62.608 before using AR *Assemblr Edu* media to 88.260 after implementation. Based on the paired sample t-test, a P-value of 0.000 ( $<0.05$ ) was obtained, indicating significant differences in student learning outcomes before and after using the AR media. The study concludes that the use of AR *Assemblr Edu* media is effective in improving science learning outcomes for fourth-grade students at SDN 3 Sugihan Wonogiri.

**Keywords:** interactive media; student engagement; learning outcomes; *assemblr edu*; augmented reality (AR)

### Abstrak

Penelitian ini mengkaji efektivitas penggunaan media *augmented reality* (AR) dalam pembelajaran keberagaman budaya Indonesia. AR merupakan inovasi teknologi yang menggabungkan dunia nyata dengan objek virtual untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan bermakna. Penelitian menggunakan metode *research and development* (R&D) model *Borg and Gall* dengan sampel 23 siswa kelas IV SDN 3 Sugihan dari total populasi 75 siswa. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, kuesioner, dan dokumentasi. Teknik analisis data mencakup uji kelayakan produk, uji validitas dan reliabilitas, uji normalitas data, serta uji *paired sample t-test*. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan nilai rata-rata siswa dari 62,608 sebelum menggunakan media AR *Assemblr Edu* menjadi 88,260 setelah penggunaan media. Berdasarkan uji *paired sample t-test* diperoleh P-value 0,000 ( $<0,05$ ), menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada hasil belajar siswa. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan media AR *Assemblr Edu* efektif dalam meningkatkan hasil belajar IPA siswa kelas IV SDN 3 Sugihan Wonogiri.

**Kata kunci:** media interaktif; keterlibatan siswa; hasil belajar; *augmented reality*; *assemblr edu*

### PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, inovasi pendidikan telah menjadi agenda utama reformasi pendidikan nasional di banyak negara di dunia (Reyes, 2023; Sahlberg, 2023). Indonesia menonjol sebagai salah satu negara dengan undang-undang yang mendorong teknologi untuk menjadi yang terdepan dan utama di ruang kelas (Prihatini, 2019; Raihani, 2018). Sakhiyya & Rahmawati (2021) dan Voogt & Roblin (2012) menyatakan bahwa pendidikan harus

diselenggarakan secara demokratis dan berkeadilan serta tidak diskriminatif dengan memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menanamkan nilai-nilai agama, budaya, dan karakter bangsa, dimana hal tersebut juga sesuai dengan Pasal 3 UU Sisdiknas No. 20 Tahun 2003. Selain itu, kebutuhan untuk memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi sebagai salah satu alat untuk meningkatkan kualitas dan produktivitas pendidikan juga digaribawahi dalam Permen No. 22 Tahun 2016 tentang Kerangka Standar Pendidikan pada Jenjang Pendidikan Tertentu (Dasar). Kerangka hukum ini menegaskan peluncuran materi pembelajaran AR interaktif untuk melayani agenda pendidikan kreatif pemerintah (Bhutoria 2022; Burbules, dkk., 2020; Hoel & Mason 2018).

Media pembelajaran perlu digunakan oleh para profesional pendidikan sebagai sarana untuk membantu siswa dalam memahami konsep dan informasi (Degner, dkk., 2022; Sinaga, dkk., 2022). Paradigma konstruktivis, yang didirikan oleh Munari (1999), menyatakan bahwa pembelajaran akan lebih baik jika pembelajar secara aktif terlibat dalam pembelajaran dan mengkonstruksi pengetahuannya sendiri (Sandra Waite, 2022). Dengan menggabungkan *augmented reality* (AR) sebagai inovasi teknologi, pembelajaran secara interaktif yang berhubungan dengan pengalaman dunia nyata dan objek virtual telah dibuat lebih otentik yang memungkinkan pengguna untuk menjalani prosedur pembelajaran berbasis imersi untuk meningkatkan kognisi, interaksi, dan keterlibatan yang menghasilkan mode pendidikan digital yang cerdas (Fidan & Tuncel, 2019; Garzón dkk. 2020; Papanastasiou dkk. 2019; Zhou, dkk., 2022). Misalnya, AR dapat membantu siswa untuk memvisualisasikan materi pendidikan, sehingga meningkatkan pemahaman dan retensi informasi (Akçayir, 2017; Ibanez, 2018; Liu dkk., 2023).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mempresentasikan manfaat dari media pendidikan, yang bertaruh pada teknologi *augmented reality*, yang digunakan dalam kinerja pembelajaran dan pengajaran (Joo-Nagata dkk. 2017). Sebuah studi yang dilakukan Rioz (2023) dan Yen, dkk., (2013) menunjukkan bahwa penggunaan sistem *augmented reality* dapat meningkatkan antusiasme dan kinerja dalam pengajaran ilmiah. Selain itu, Cuendet dkk. (2013) dan Liao, dkk. (2024) juga membuktikan hal yang serupa, di mana *augmented reality* dapat membantu siswa untuk memahami ide-ide yang sulit dengan lebih mudah dan efektif. Dari hasil ini, pengembangan media pembelajaran interaktif dengan AR berbasis *Assemblr Edu* untuk IPA SD diharapkan dapat menjadi solusi untuk mengentaskan masalah pendidikan. (Liao dkk. 2024; Wang, dkk., 2016).

Studi yang dilakukan di kelas empat SD mengungkapkan bahwa metode pengajaran konvensional terkadang menghambat siswa untuk berinteraksi dengan materi pelajaran, terutama dalam mata pelajaran sains. Dalam hal prestasi akademik dalam bidang sains dengan fokus pada tema keanekaragaman budaya, kondisinya lebih buruk, dengan banyak siswa yang cenderung berprestasi di bawah rata-rata. Temuan ini menyoroti permintaan akan materi instruksional yang berorientasi pada sumber daya untuk meningkatkan kinerja akademik (Komarraju & Nadler, 2013; Woßmann, 2003). Tujuan dari proyek yang menargetkan siswa sekolah dasar kelas empat ini adalah untuk mengembangkan dan mengevaluasi konten AR melalui *Assemblr Edu* untuk meningkatkan kinerja pembelajaran sains. Wu dkk. (2013), mendukung teknologi media *augmented reality* yang dianggap sebagai sistem inovatif untuk mengatasi masalah ini sehingga dapat meningkatkan keterlibatan dan efektivitas pembelajaran.

Kebaruan ilmiah dari penelitian ini terletak pada penerapan teknologi AR menggunakan *Assemblr Edu* dalam pendidikan IPAS tingkat sekolah dasar, yang menawarkan pendekatan baru untuk meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar siswa. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan media interaktif berbasis AR menggunakan *Assemblr Edu* guna meningkatkan hasil belajar siswa pada Bab 6 Topik B materi Keragaman Budaya Indonesia di kelas IV SDN 3 Sugihan Wonogiri.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) berdasarkan paradigma *Lingard & Gale* (2010). *Research and Development* (R&D) merupakan penelitian yang memiliki hasil akhir berupa produk yang telah melalui proses uji coba, evaluasi, dan penyempurnaan. Pada penelitian ini penggunaan R&D bertujuan untuk mengembangkan materi pembelajaran dalam bentuk *augmented reality* (AR). Model penelitian R&D pada penelitian ini menggunakan model *Borg and Gall* yang terdiri dari beberapa tahap, dimulai dengan pengumpulan informasi dan penelitian awal, yang mencakup melakukan observasi dan wawancara dengan guru dan siswa untuk menentukan kebutuhan. Tahap selanjutnya adalah perencanaan, di mana tujuan pengembangan media pembelajaran disusun dan spesifikasi produk ditetapkan.

### ***Desain Penelitian***

Penelitian ini mengadopsi model R&D mengikuti langkah-langkah *Borg and Gall* dalam pengembangan perangkat pembelajaran berbasis AR interaktif untuk siswa kelas IV SD. Proses pengembangan terdiri dari, antara lain, analisis kebutuhan, perancangan proyek, validasi ahli, uji fungsi, dan revisi. Proses 4 langkah yang diuraikan Haleem dkk. (2022), memastikan pengembangan alat pendidikan yang lebih kuat dengan teknologi yang terintegrasi ke dalamnya. AR juga telah mendapatkan validasi sebagai alat pendidikan yang efektif,

### ***Populasi dan Sampel***

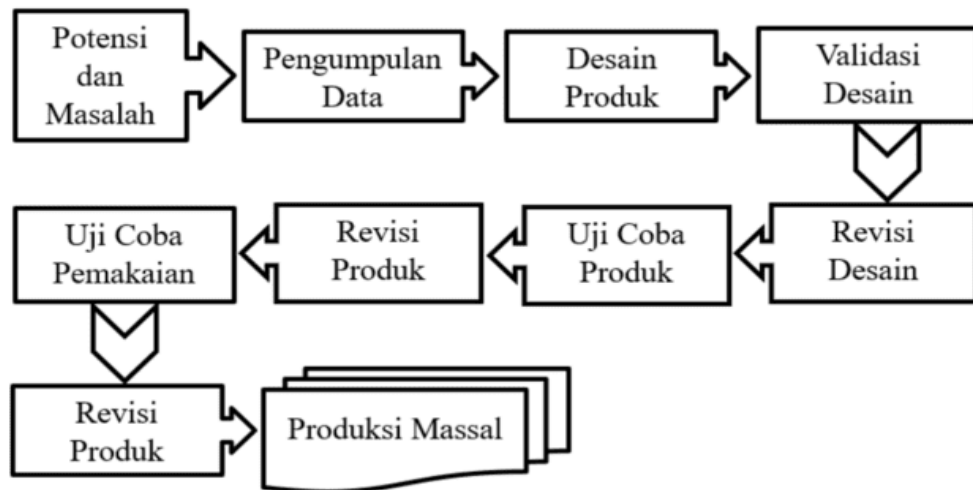
Populasi penelitian ini terdiri dari 75 siswa SD Negeri 3 Sugihan, Kabupaten Wonogiri. Desain pengambilan sampel dua tahap digunakan pada populasi penelitian. Pada tahap pertama, dilakukan uji coba skala kecil dengan 6 siswa dari kelas IV SDN 2 Sugihan yang dipilih secara purposive sampling. Tahap kedua menggunakan 23 siswa kelas IV SDN 3 Sugihan, dengan mengambil bagian tidak hanya pada beberapa subjek tetapi juga melakukan uji coba kelas besar. Pengambilan sampel bertujuan adalah pengambilan sampel yang umum digunakan dalam penelitian pendidikan yang terdiri dari seleksi terkontrol dan melibatkan pemilihan kasus-kasus yang kaya informasi sesuai dengan kriteria yang perlu diperiksa pada tahap ini, sebagai bagian dari langkah yang tepat untuk memastikan bahwa sampel mewakili kelompok populasi yang sedang diteliti (Onwuegbuzie & Leech, 2007); Collins, 2010). Jenis pengambilan sampel ini memberikan aliran spesifik dimana data dapat dikumpulkan dan dianalisis, sehingga menjadi lebih berguna dalam studi yang melibatkan teknologi pendidikan baru (Bennett dkk. 2012; Wu dkk. 2012).

### ***Teknik Pengumpulan Sampel dan Pengembangan Instrumen***

Data untuk penelitian ini dikumpulkan dengan menggunakan berbagai metode: observasi, wawancara terstruktur, kuesioner, serta dokumentasi (Saranto & Kinnunen 2009). Kegiatan observasi dilakukan terhadap siswa yang berinteraksi dengan media AR dan bagaimana mereka mengorientasikan pengalaman baru ini dalam lingkungan belajar mereka. Data pengamatan *real-time* diperoleh dari kedua kelas kelas lima ini sementara siswa secara mandiri atau berpasangan melakukan eksplorasi. Wawancara semi-terstruktur dengan guru kelas memberikan wawasan tentang bidang-bidang yang perlu ditingkatkan dan memverifikasi kemudahan penggunaan AR dalam situasi kelas. Selain itu, umpan balik yang luas tentang kemandirian media AR dikumpulkan dari ahli konten dan media lainnya, guru dan siswa melalui kuesioner yang berisi skala *Likert* (Baabdullah dkk., 2022; Chang & Hwang, 2018). Dokumentasi yang mencakup data historis dan informasi yang terkait dengan catatan siswa memberikan mekanisme penting dimana beberapa pengamatan dan jawaban memperoleh validasi (Domínguez dkk., 2013; Powell, dkk., 2003).

Sebelum digunakan sebagai instrumen penelitian, butir soal pada penelitian ini dilakukan uji validitas dan reliabilitasnya terlebih dahulu. Validitas adalah suatu taraf akurasi untuk mengukur seberapa tepat alat ukur yang digunakan untuk mengukur apa yang akan diukur (Sugiyono, 2015). Pengujian validitas pada penelitian ini menggunakan validitas isi. Validitas isi merupakan salah satu uji validitas yang bertujuan untuk mengetahui sejauh mana *item-item* yang dilihat dari isinya dapat mengukur apa yang dimaksudkan untuk diukur (Sugiyono, 2015). Berdasarkan hasil uji validitas diketahui bahwa semua *item* pertanyaan yang digunakan memiliki nilai *r* hitung yang lebih besar dari nilai *r* tabel (0,422). Sehingga dapat disimpulkan bahwa semua *item* pertanyaan yang digunakan pada penelitian ini valid dengan nilai *r* hitung berkisar antara 0,553-0,833. Pengujian reliabilitas pada penelitian ini bertujuan untuk melihat seberapa baik instrumen memberikan hasil yang sama jika diulang dari waktu ke waktu dengan menggunakan studi percontohan (Azevedo & Shane 2019; Malva, dkk., 2020). Berdasarkan hasil uji reliabilitas diketahui bahwa besarnya reliabilitas yang didapatkan sebesar 0,805 (>0,60) sehingga dapat disimpulkan bahwa instrumen penelitian yang digunakan pada penelitian ini reliabel.

Penelitian ini menggunakan berbagai metode pengumpulan data yang mencakup observasi, wawancara terstruktur, analisis kuesioner, dan ekstraksi dokumentasi (Adeoye Olatunde, 2021; Onwuegbuzie, 2010). Lai, dkk., (2019) mengamati secara langsung media *augmented reality* yang digunakan secara *real time* sebagai komponen kegiatan belajar siswa. Bowen (2009) menunjukkan bahwa temuan yang diperoleh dari pengamatan dan survei dikuatkan oleh rekaman data historis siswa. Alat-alat tersebut diuji ulang untuk memastikan keaslian wajah dan konten (Abich dkk. 2021; Tashiro & Hartman 2023). Pace dkk. (2012) dalam sebuah penelitian percontohan menunjukkan bahwa instrumen-instrumen tersebut dapat diandalkan karena secara konsisten mengukur hal yang sama setelah beberapa kali pelaksanaan. Menggunakan kedua validitas wajah seperti yang disarankan Abdullah dkk. (2022) dan validitas isi seperti yang disarankan Yada dkk. (2019) pendekatan menyeluruh ini memastikan bahwa instrumen data dapat dipercaya dan relevan dengan praktik. Hal ini konsisten dengan prinsip-prinsip terbaik dalam penelitian pendidikan.



**Gambar 1. Proses Penelitian & Pengembangan Borg dan Gall**

Gambar 1 menunjukkan proses penelitian dan pengembangan menggunakan model *Borg and Gall* dalam mengembangkan media AR. Proses tersebut dimulai dari tahap identifikasi masalah melalui observasi langsung dan studi literatur, desain, validasi, uji coba, dan revisi (Putri & Wardoyo, 2018). Langkah-langkah pengembangan model *Borg and Gall* dalam model tersebut sedikit dimodifikasi agar lebih sesuai dan relevan dengan konteks pendidikan di Indonesia. Ilustrasi tersebut kembali menekankan bahwa R&D dalam konteks pendidikan harus komprehensif dan berulang, sehingga memungkinkan peneliti untuk secara berulang menyempurnakan produk berdasarkan data empiris. Tampilan prototipe dari media pembelajaran AR yang dikembangkan ditampilkan pada Gambar 2.



**Gambar 2. Desain Prototipe Media Pembelajaran AR**

Media ini dikembangkan untuk siswa kelas IV di SDN 3 Sugihan. Media ini juga dibuat dalam *Assemblr Edu*, yang memberikan konten pembelajaran keragaman budaya dengan lebih menarik dengan menggabungkan gambar 2D/3D dengan audio untuk meningkatkan pengalaman belajar pengguna. Desain prototipe didasarkan pada Mayer (1997) dan teori kognitifnya tentang pembelajaran multimedia, yang menunjukkan bahwa konten multimedia dapat membantu siswa

memahami dan mengingat mata pelajaran yang sulit. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa AR dapat digunakan sebagai alat pendidikan yang efektif yang dirancang untuk mendorong pembelajaran yang lebih dalam dan lebih aktif (Blasco-Arcas dkk. 2013; Chien dkk. 2019; Lu dkk. 2021). Hal ini juga didukung oleh penelitian yang mengakui interaktivitas dan imersi sebagai bagian integral dari lingkungan belajar, dan berpendapat bahwa siswa lebih cenderung mempertahankan informasi ketika mereka dapat berinteraksi dengan materi dalam berbagai modalitas (Doumanis dkk. 2019; Ke, dkk., 2016; Limperos dkk. 2015).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### ***Pembuatan Media Interaktif Berbasis Augmented Reality Menggunakan Assemblr Edu untuk Pembelajaran IPAS Siswa Kelas IV SDN 3 Sugihan Wonogiri***

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep-konsep abstrak, khususnya keragaman budaya Indonesia dengan membuat media pembelajaran dalam bentuk AR menggunakan *Assemblr Edu* untuk mata pelajaran IPAS (Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial) kelas IV di SDN 3 Sugihan Wonogiri. Pembuatan media dibingkai dengan menggunakan metodologi desain instruksional ADDIE untuk memastikan bahwa media tersebut memenuhi tujuan pembelajaran (Reigeluth, 2013). Sebagai contoh, dalam pendidikan AR dapat digunakan untuk membuat konten fisika dan ilmu sosial (yang sering kali menjadi tantangan bagi instruksi tradisional), lebih menarik, dapat dimengerti dengan mencampurkan elemen digital dengan dunia nyata. Proses pendidikan telah mengungkapkan bahwa *augmented reality* memungkinkan peningkatan keterlibatan dan retensi siswa, meningkatkan hasil dari metodologi (Bacca dkk., 2014). Hal ini untuk memverifikasi penerapan gaya dan media yang benar serta tautan silang di antara semua halaman, selain kepatuhan terhadap pedoman kegunaan yang sesuai dengan audiens (Nielsen, 2010).

### ***Penilaian Kelayakan Media Interaktif Berbasis Augmented Reality Memanfaatkan Assemblr Edu pada Pembelajaran IPAS untuk Siswa Kelas IV SDN 3 Sugihan Wonogiri***

Penelitian ini difokuskan untuk meneliti apakah *augmented reality* (AR) menggunakan *Assemblr Edu* layak digunakan untuk pembelajaran materi IPAS pada siswa kelas IV di SDN 3 Sugihan Wonogiri, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas konten dan media yang digunakan. Kualitas media diukur oleh ahli media, dan para ahli dalam mata pelajaran masing-masing meninjau konten instruksional untuk memastikan bahwa mereka memenuhi tuntutan kurikulum. Berdasarkan hasil uji kelayakan ahli media diketahui bahwa nilai kelayakan yang didapatkan sebesar 93% dengan kategori sangat layak. Kemudian berdasarkan hasil uji isi berdasarkan ahli materi diketahui bahwa besarnya nilai kelayakan isi yang didapatkan sebesar 90% dengan kategori sangat layak. Hal ini menunjukkan bahwa media AR telah memenuhi kriteria pedagogis yang diisyaratkan, sesuai dengan hasil penelitian teknologi pendidikan tentang perlunya akurasi dan relevansi materi dalam alat ini (Davis, 2011). Hal ini semakin terbantahkan dengan pernyataan yang salah bahwa validasi media menghasilkan antarmuka yang lebih mudah dimengerti, meskipun setiap iterasi desain sebenarnya dapat berkontribusi pada hal ini (secara teknologi). Proses validasi media memverifikasi bahwa UI yang intuitif harus mengikuti standar paradigma yang diterima untuk alat bantu pendidikan (Nielsen, 2010). Terlepas dari keterbatasan ini, evaluasi instruktur memuji media ini karena mudah digunakan di ruang kelas dan sesuai untuk tingkat kognitif kelas 4 SD. Hasil ini mendukung apa yang dilaporkan dalam literatur lain, yang

menunjukkan bahwa untuk dapat digunakan secara langsung di ruang kelas, alat pembelajaran berbasis AR harus mudah digunakan dan menarik bagi pendidik dan siswa (Bacca dkk., 2014).

### ***Efektivitas Media Interaktif Berbasis Augmented Reality Menggunakan Assemblr Edu dalam Meningkatkan Hasil Belajar IPAS pada Siswa Kelas IV SDN 3 Sugihan Wonogiri***

Evaluasi dilakukan melalui *pre-test* dan *post-test*. *Pre-test* dan *post-test* merupakan metode yang umum digunakan untuk menentukan seberapa efektif media pembelajaran dalam meningkatkan hasil pendidikan. Mereka memberikan *pre-test* sebelum menggunakan media berbasis AR dan *post-test* setelah implementasi untuk menyelidiki perubahan dalam pembelajaran kognitif siswa. Berdasarkan penelitian Cheng & Tsai (2013), media AR sangat mendorong keterlibatan siswa dan pemahaman konseptual, karena teknologi ini menyediakan sarana pembelajaran yang interaktif dan imersif. Selain itu, Bacca dkk. (2014) melakukan penelitian AR memainkan peran penting dalam meningkatkan motivasi dan prestasi belajar siswa dibandingkan dengan pembelajaran tradisional. Dengan demikian, perbandingan antara hasil *pre-test* dan *post-test* memungkinkan untuk memverifikasi bahwa ada peningkatan yang signifikan dalam pemahaman setelah terpapar dengan media AR dengan menambahkan temuan dari beberapa literatur sebagai bukti yang mungkin untuk kemanjuran teknologi ini dalam pendidikan.

**Tabel 1. Hasil statistik deskriptif *pre-test* dan *post-test***

Pengukuran	N	Jangkauan	Minimum	Maksimum	Berarti	Std. Deviasi	Varians
Pra-tes	23	55	30	85	626.087	1.551.169	240.613
Post-test	23	30	70	100	882.609	912.149	83.202

Sumber: diolah oleh penulis dari SPSS 2024.

Tabel 1 memberikan presentasi statistik deskriptif untuk hasil *pre-test* dan *post-test* yang dibuktikan dengan kinerja peserta. Untuk *pre-test*, yang diterapkan pada 23 sukarelawan, skornya bervariasi dari minimum 30 hingga maksimum 85, yang mewakili amplitudo 55. Skor rata-rata 626.087 dilaporkan, dengan standar deviasi 1.551.169, yang berarti bahwa data sangat heterogen dan variansnya sama dengan 240,613. Secara keseluruhan, *post-test* juga melibatkan 23 peserta; namun, skor mereka berkisar antara 70-100, dengan kisaran total 30. Skor rata-rata meningkat secara substansial menjadi 882.609, standar deviasi 912.149, sebuah kelompok dengan variabilitas yang cukup rendah dengan varians 83.2022. Hal ini menunjukkan bahwa intervensi ini bermanfaat bagi pembelajaran, hal ini terlihat dari adanya peningkatan yang signifikan pada nilai rata-rata dan pengurangan rentang nilai setelah *post-test*.

### ***Pengujian Hipotesis***

Perbedaan antara skor *pre-test* dan *post-test* digunakan untuk melakukan uji *paired samples t-test* yang serupa untuk menentukan keefektifan media berbasis AR. Normalitas data juga diperiksa dengan menggunakan uji *Shapiro-Wilk* sebelum melakukan uji-t. Uji ini penting karena memverifikasi skor terdistribusi secara normal merupakan asumsi dari *paired samples t-test*. Field (2013) mengusulkan bahwa uji parametrik yang tepat memerlukan pemeriksaan normalitas data dan kegagalan dalam melakukan hal tersebut dapat menimbulkan salah tafsir karena analisis non-normal yang tidak tepat. Uji parametrik memungkinkan untuk distribusi data yang normal, sedangkan non parametrik diperlukan untuk data yang tidak mengikuti distribusi normal dan harus menggunakan alternatif lain seperti uji peringkat bertanda *Wilcoxon* (Hollander & Wolfe, 1999). Penggunaan hasil yang perlu diperhatikan jika dilanjutkan dengan *paired samples t-test* masih belum memiliki distribusi data yang normal, agar dapat memberikan informasi yang dapat dipercaya mengenai pengaruh media pembelajaran berbasis AR terhadap hasil belajar.

**Tabel 2. Uji *Shapiro-Wilk* untuk Normalitas Skor *Pre-Test* dan *Post-Test***

Tes	Statistik	df	Sig. (p-value)
Pra	0.934	23	0.133
Pos	0.925	23	0.087

Sumber: diolah oleh penulis dari SPSS 2024.

Normalitas skor *pre-test* dan *post-test* dinilai dengan menggunakan uji *Shapiro-Wilk* (Tabel 2). *Pre-test* memiliki statistik uji 0.934 dengan  $df = 23$  sehingga signifikansi  $p = 0.133$ . Nilai  $p$  ini secara sederhana menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara skor *pre-test* dan distribusi normal ( $p > 05$ ). Hasil *post-test* adalah 0,925 dengan derajat kebebasan 23 dan nilai  $p$  sebesar 0,087. Ini adalah nilai *p-value* yang berarti skor *post-test* tidak berbeda secara signifikan dari distribusi normal. Dengan demikian, asumsi normal terpenuhi pada kedua set skor dan membenarkan analisis parametrik berikutnya untuk menilai apakah efektivitas hasil pembelajaran berbasis media AR.

### **Hasil Uji *Paired Samples T-test***

Hasil Uji *paired samples t-test* Uji *Shapiro-Wilk* menunjukkan bahwa skor sebelum dan sesudah didistribusikan secara normal ( $p > 0,05$ ), oleh karena itu tepat untuk menggunakan uji *paired samples t-test* untuk skenario ini. Tabel 1 menjelaskan statistik deskriptif tentang skor pada *pre-tes* dan *post-tes* dua kelompok (kelompok eksperimen dan kelompok kontrol). Normalitas ini membenarkan penggunaan uji-t sampel berpasangan dalam menguji efektivitas media berbasis AR dalam pembelajaran.

**Tabel 3. Hasil Uji T**

Tes	Berarti	p-value
Pra-tes	626.087	0.000
Post-test	882.609	

Sumber: diolah oleh penulis dari SPSS 2024.

Hasil uji *paired samples t-test* dapat dilihat pada Tabel 3. Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perubahan signifikan pada nilai siswa sebelum dan sesudah mempelajari konten AR melalui media dan teknologi interaktif berbasis *Assemblr Edu*. Rata-rata *pre-test* adalah 62,6087 dengan nilai *p-value* 0,000, hasil yang signifikan secara statistik sebelum intervensi (Tabel 1). Setelah menggunakan media AR, skor rata-rata meningkat menjadi 88,2609, menunjukkan seberapa besar intervensi telah membantu dalam hasil pembelajaran. *Paired samples t-test* adalah metode analisis statistik yang kuat untuk membandingkan dua sampel yang terkait, memungkinkan kami untuk menjawab pertanyaan penelitian di atas terkait kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan dalam perubahan skor kepadatan larva sebelum dan sesudah intervensi pendidikan (Field 2013). Hal ini sesuai dengan penelitian yang menyoroti penggunaan teknik pembelajaran yang ditingkatkan dengan teknologi untuk meningkatkan retensi pengetahuan dan keterlibatan di antara siswa (Tam & El-Azar, 2016).

## **Pembahasan**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan, menilai kelayakan dan menguji keefektifan media interaktif berbasis *augmented reality* (AR) menggunakan *Assemblr Edu* untuk meningkatkan hasil belajar pada mata pelajaran IPAS (Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial) pada siswa kelas 4 di SDN 3 Sugihan Wonogiri. Adapun hasil dari pengembangan media interaktif berbasis AR menggunakan *Assemblr Edu* untuk meningkatkan hasil belajar IPAS kelas IV SDN 3 Sugihan Wonogiri, adalah sebagai berikut:

### ***Pengembangan Media Interaktif Berbasis AR***

Fase awal pada penelitian ini adalah pembuatan media pembelajaran berbasis AR yang dikembangkan berdasarkan model desain instruksional ADDIE. Model Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi dianggap sebagai cara sistematis untuk desain pembelajaran oleh sebagian besar ahli (Aslan & Reigeluth, 2013). Kehadiran AR dalam konteks pembelajaran memungkinkan perendaman yang lebih besar dan kesesuaian dengan pendekatan konstruktivis untuk belajar, di mana siswa menjadi kontributor aktif untuk konstruksi pengetahuan mereka sendiri (Petersen, dkk., 2022).

Media yang dibuat dirancang untuk mengatasi masalah pengajaran topik-topik abstrak seperti keanekaragaman budaya, yang sulit dipahami oleh siswa yang lebih muda. (Angeli & Valanides, 2009). Media ini menciptakan ruang yang menarik bagi siswa untuk mengeksplorasi dan bermain-main dengan konsep tersebut, misalnya dengan memvisualisasikan konsep ini melalui AR. Misalnya, AR mendukung pembelajaran informasi yang kompleks melalui visualisasi dalam sebuah penelitian yang menunjukkan peningkatan pemahaman dan memori jangka panjang (Aldeeb dkk. 2024; Mystakidis, dkk., 2022). Tanggapan yang bermanfaat dari validator ahli mengenai aktualitas konten dan kualitas presentasi juga menekankan pentingnya didasarkan pada pedoman yang ada untuk menjamin relevansi dan efisiensi intervensi pendidikan jika digunakan (Melo dkk., 2022; Mowbray, 2003).

### ***Kelayakan Media AR***

Berdasarkan hasil uji kelayakan ahli media diketahui bahwa nilai kelayakan yang didapatkan sebesar 93% dengan kategori sangat layak. Kemudian berdasarkan hasil uji isi berdasarkan ahli materi diketahui bahwa besarnya nilai kelayakan isi yang didapatkan sebesar 90% dengan kategori sangat layak. Secara khusus, para ahli materi pelajaran dan media menganggap media interaktif berbasis AR cocok untuk digunakan di kelas selama penilaian kelayakan. Validasi ini merupakan persyaratan dalam penelitian pendidikan agar materi dapat dipublikasikan dan karenanya memiliki beberapa masalah pedagogis yang harus dipahami oleh audiens (Saeverot & Kvam, 2019; Tassone dkk., 2018). Dukungan dari para pendidik terhadap kelayakan dan integrasi media dalam kegiatan di kelas, menegaskan relevansi mengadopsi perspektif desain yang berpusat pada pengguna untuk teknologi pendidikan (Christopoulos & Sprangers 2021; Niu 2023). Hasil penelitian sebelumnya menemukan bahwa penargetan pada layanan dukungan pengajaran untuk penggunaan alat AR akan memberikan dampak yang lebih praktis untuk program pengembangan profesional yang bertujuan untuk meningkatkan antusiasme dan keterampilan pendidik agar dapat menggabungkan teknologi ini ke dalam proses pengajaran mereka (Alalwan dkk. 2020).

### ***Efektivitas Media Pembelajaran Berbasis AR***

Analisis statistik dengan *paired samples t-test*, dapat memberikan pemahaman yang lebih baik bahwa nilai rata-rata antara *pre test* dan *post-test* adalah 62.6087 menjadi 88.2609 ( $p \leq 0.000$ ) yang mengarah pada kesimpulan bahwa terdapat peningkatan hasil belajar bagi siswa. Peningkatan yang substansial ini konsisten dengan apa yang telah ditemukan dalam beberapa penelitian sebelumnya tentang penggunaan teknologi AR untuk intervensi (Garzón dkk. 2020). Peningkatan skor yang signifikan menunjukkan bahwa media berbasis AR dapat secara efektif meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan pemahaman siswa, terutama dalam mata pelajaran konsep abstrak yang mengharuskan siswa untuk mengembangkan kesadaran visual yang kuat (Lai dkk. 2019).

AR mendorong pengalaman belajar yang lebih dalam dengan imersifitas yang melekat, yang memacu siswa untuk terlibat dengan cara yang benar-benar penting. Keterlibatan dalam program interaktif membantu hasil yang lebih baik dan retensi memori di kemudian hari (Ke & Xie, 2009). Dimasukkannya AR dalam penelitian ini tidak hanya membuat sumber daya pembelajaran menjadi lebih menarik, tetapi juga menciptakan keharusan bagi anak-anak untuk belajar secara kolaboratif, yang merupakan faktor yang berkontribusi terhadap hasil pendidikan yang lebih baik (Johnson, dkk., 2014).

### ***Implikasi untuk Praktek***

Hasil positif dari penelitian ini memiliki beberapa implikasi untuk praktik pendidikan. Pertama, para pendidik didorong untuk menggunakan teknologi AR saat mengajar dalam disiplin ilmu yang mencakup topik yang sangat rumit atau abstrak. Ketika menggunakan AR, lingkungan belajar dapat menjadi tempat yang hidup, yang pada gilirannya melibatkan siswa secara aktif, membuat mereka belajar lebih efisien (Liono dkk., 2021). Penelitian yang dilakukan di bidang ini menyatakan bahwa AR mendukung siswa belajar sains karena dapat menciptakan visualisasi yang tidak mudah dibayangkan dengan metode tradisional.

Hasil yang ditunjukkan di sini juga menunjukkan bahwa Pengembangan Keprofesional Berkelanjutan (PKB) bagi para guru diperlukan untuk menggunakan alat bantu AR dengan baik di kelas. Pelatihan yang tepat dan memiliki sumber daya yang memadai untuk mengurangi tantangan yang terkait dengan pendidik yang tidak mahir teknologi juga dapat mengimbangi masalah seperti guru yang tidak tahu cara kerja teknologi yang sebenarnya. Seperti yang ditunjukkan oleh *Şahin* dkk. (2022) bahwa kemandirian AR dalam konteks pendidikan dapat dirusak tanpa pelatihan yang memadai dan guru memang membutuhkan pengembangan profesional untuk menggunakan teknologi baru secara efektif dan percaya diri (Bragg, dkk., 2021; Hennessy dkk. 2022). Inilah sebabnya mengapa harus ada lebih banyak kursus pengembangan profesional yang ditargetkan untuk sekolah dan lembaga pendidikan dalam menggunakan AR, membuat para guru siap untuk menggunakan teknologi ini dengan cara terbaik.

### ***Tantangan dan Keterbatasan***

Hasil penelitian membuktikan adanya peningkatan hasil belajar. Kendala tersebut diantaranya siswa memiliki perbedaan akses terhadap teknologi yang dapat mempengaruhi keberhasilan penggunaan media AR. Hal ini juga menyebabkan potensi ketidaksetaraan dalam pengalaman belajar, karena beberapa siswa mungkin tidak memiliki akses yang sama untuk berinteraksi dengan teknologi di luar kelas. Menurut *Heerman* dkk. (2019) dan *Waight* dkk.

(2022), ketidakseimbangan sumber daya teknologi dapat menghambat keberhasilan implementasi intervensi pendidikan, terutama jika intervensi tersebut berfokus pada masyarakat yang terpinggirkan. Media ini di masa yang akan datang dapat membantu dalam memecahkan tantangan tersebut, memastikan bahwa solusi AR *offline* tersedia bagi siswa untuk memiliki peluang yang sama dalam pembelajaran berbasis AR, atau pendekatan yang lebih baik adalah menyediakan akses perangkat untuk semua.

Selain itu, penelitian ini dilakukan hanya dalam satu konteks sekolah dan oleh karena itu hasilnya mungkin tidak dapat diterapkan hingga titik tertentu. Aina dkk. (2022) dengan tepat menunjukkan bahwa hasilnya dapat bervariasi tergantung pada fitur demografis dan sosio-ekonomi tertentu dari populasi siswa, mendukung argumen untuk lebih memperhatikan faktor-faktor kontekstual ini dalam penelitian pendidikan. Oleh karena itu, sangat penting untuk penelitian di masa depan untuk menyelidiki bagaimana media pembelajaran berbasis AR dapat memenuhi tujuannya dalam konteks yang berbeda yang mencakup berbagai pengaturan pendidikan dan tingkat kuantitatif. Akan menarik juga untuk mempelajari efektivitas jangka panjang AR dalam hasil pembelajaran bersama dengan studi longitudinal lainnya tentang pemahaman bagaimana AR dapat dimasukkan ke dalam kurikulum untuk jangka waktu yang lebih lama (Fridrich 2019).

### ***Arah Masa Depan***

Kesimpulan, Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mempelajari hasil jangka panjang dari *augmented reality* (AR) dan perancah siswa dalam pembelajaran dan keterlibatan. Studi longitudinal semacam itu juga dapat menjadi sangat informatif mengenai efek AR terhadap retensi pembelajaran dan pemahaman dalam jangka waktu yang lama, sebuah aspek penting bagi para pendidik yang tertarik dengan implikasi pendidikan jangka panjang dari teknologi tersebut. Demikian pula, penelitian juga dapat mempertimbangkan aspek apa dari AR yang paling berkaitan dengan hasil pembelajaran, sehingga memungkinkan pendidik untuk menjadi lebih efisien dan efektif dalam mengajar. Penelitian oleh Wu, dkk. (2012); Garzón dkk. (2020); Murillo, dkk. (2019); Mystakidis dkk. (2022) untuk meningkatkan efektivitas aplikasi AR, menyelidiki fitur inti dari aplikasi tersebut untuk memberikan pedoman pedagogis yang bermanfaat bagi keterlibatan dan pemahaman siswa.

Penelitian kolaboratif antara pendidik, ahli teknologi, dan peneliti dapat membantu memfasilitasi proyek-proyek semacam itu, mendorong inovasi, dan memastikan terciptanya perangkat AR yang bermanfaat secara pendidikan. Interdisipliner ini memberikan dasar untuk mengembangkan pendekatan pedagogis yang memungkinkan perancangan dan realisasi solusi AR yang ramah pengguna dengan cara yang memadai untuk memenuhi kebutuhan berbagai macam pelajar. Selain itu, teknologi AR akan terus berkembang di masa depan dan dengan demikian kita perlu diperbarui tentang perubahan tren dan implikasi untuk penerapannya dalam pendidikan. Investigasi lebih lanjut tentang bagaimana AR dapat dikombinasikan dengan teknologi baru lainnya, seperti *virtual reality* (VR) dan kecerdasan buatan (AI), dapat mengarah pada cara-cara baru di mana pengalaman pendidikan dapat diperkaya. Penelitian Lin & Wang (2021) dan Lowell & Tagare (2023) menemukan bahwa AR dan VR memberikan solusi yang dapat menciptakan rasa keterlibatan dan motivasi yang lebih baik dari siswa di masa depan sehingga mendorong strategi pedagogis yang inovatif.

## SIMPULAN

### Simpulan

Penelitian ini membuktikan media interaktif berbasis *Augmented Reality* (AR) menggunakan *Assemblr Edu* di IPAS dapat meningkatkan hasil belajar siswa kelas IV SD. Kelayakan desain media AR telah divalidasi oleh ahli media dan ahli materi. Hasil dari analisis efektivitas memberikan bukti bahwa AR dapat meningkatkan hasil belajar dan membantu meningkatkan keterlibatan serta pemahaman siswa. Namun, implementasi AR dalam konteks pendidikan masih terbatas, dan media belum dapat diproduksi secara masal.

### Saran

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran *Assemblr Edu* efektif dalam meningkatkan hasil belajar IPA siswa kelas kelas IV di SDN 3 Sugihan Wonogiri. Oleh sebab itu diharapkan agar para pendidik menggunakan media pembelajaran *Assemblr Edu* sebagai alternatif variasi media pembelajaran untuk meningkatkan hasil belajar siswa. Hasil penelitian ini juga menemukan bahwa meskipun telah terbukti efektif dalam meningkatkan hasil belajar, namun hasil belajar siswa setelah penggunaan media pembelajaran *Assemblr Edu* masih bervariasi. Oleh sebab itu, sangat penting untuk penelitian di masa depan untuk meneliti bagaimana media pembelajaran berbasis AR dapat memenuhi tujuannya dalam konteks pendidikan. Juga untuk mempelajari efektivitas jangka panjang untuk meningkatkan hasil belajar dan dimasukkan ke dalam kurikulum untuk jangka waktu yang lebih lama.

## RUJUKAN

- Abdullah, A. Muayad, M. Raheem Neamah, R. Jalil Kadhim, J. Abas Hasan, A. Hassan, Y. Holh Sabit, and H. Ibrahim Hrejha. (2022). The Effect of Teacher Self-Efficacy, Workplace Stress, Workplace Environment, and Teacher Engagement to Improve the Teacher's Job Satisfaction: A Study on Public and Private Sector Universities of Iraq. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilimleri/Educational Sciences: Theory & Practice* 22(2):260–74. doi: 10.12738/jestp.2022.2.0019.
- Abich, Julian, Jason Parker, Jennifer S. Murphy, and Morgan Eudy. (2021). A Review of the Evidence for Training Effectiveness with Virtual Reality Technology. *Virtual Reality* 25(4):919–33. doi: 10.1007/s10055-020-00498-8.
- Adeoye-Olatunde, Omolola A., and Nicole L. Olenik. (2021). Research and Scholarly Methods: Semi-Structured Interviews. *JACCP: Journal Of The American College Of Clinical Pharmacy* 4(10):1358–67. doi: <https://doi.org/10.1002/jac5.1441>.
- Aina, Carmen, Eliana Baici, Giorgia Casalone, and Francesco Pastore. (2022). The Determinants of University Dropout: A Review of the Socio-Economic Literature. *Socio-Economic Planning Sciences* 79:101102. doi: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2021.101102>.
- Akcayir. 2017. Advantages and Challenges Associated with Augmented Reality for Education: A Systematic Review of the Literature. *Educational Research Review* 20:1–11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>.
- Alalwan, Nasser, Lim Cheng, Hosam Al-Samarraie, Reem Yousef, Ahmed Ibrahim Alzahrani, and Samer Muthana Sarsam. (2020). Challenges and Prospects of Virtual Reality and Augmented Reality Utilization among Primary School Teachers: A Developing Country Perspective. *Studies in Educational Evaluation* 66:100876. doi: <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100876>.

- Aldeeb, Fatimah H., Omar M. Sallabi, Monther M. Elaish, and Gwo-Jen Hwang. (2024). Enhancing Students' Learning Achievements, Self-Efficacy, and Motivation Using Mobile Augmented Reality. *Journal of Computer Assisted Learning* 40(4):1823–37. doi: <https://doi.org/10.1111/jcal.12989>.
- Angeli, Charoula, & Valanides, Nicos. (2009). Epistemological and Methodological Issues for the Conceptualization, Development, and Assessment of ICT–TPCK: Advances in Technological Pedagogical Content Knowledge (TPCK). *Computers & Education* 52(1):154–68. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.07.006>.
- Aslan, Sinem & Reigeluth, Charles M. (2013). Educational Technologists: Leading Change for a New Paradigm of Education. *TechTrends* 57(5):18–24. doi: 10.1007/s11528-013-0687-4.
- Azevedo, Ana, & Shane, Mary Jo. (2019). A New Training Program in Developing Cultural Intelligence Can Also Improve Innovative Work Behavior and Resilience: A Longitudinal Pilot Study of Graduate Students and Professional Employees. *The International Journal of Management Education* 17(3):100303. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2019.05.004>.
- Baabdullah, Abdullah M., Abdullellah A. Alsulaimani, Alhasan Allamnakhrah, Ali Abdallah Alalwan, Yogesh K. Dwivedi, and Nripendra P. Rana. (2022). Usage of Augmented Reality (AR) and Development of e-Learning Outcomes: An Empirical Evaluation of Students' e-Learning Experience. *Computers & Education* 177:104383. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104383>.
- Bennett, Sue, Andrea Bishop, Barney Dalgarno, Jenny Waycott, and Gregor Kennedy. (2012). Implementing Web 2.0 Technologies in Higher Education: A Collective Case Study. *Computers & Education* 59(2):524–34. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.12.022>.
- Bhutoria, Aditi. (2022). Personalized Education and Artificial Intelligence in the United States, China, and India: A Systematic Review Using a Human-In-The-Loop Model. *Computers and Education: Artificial Intelligence* 3:100068. doi: <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100068>.
- Blasco-Arcas, Lorena, Isabel Buil, Blanca Hernández-Ortega, and F. Javier Sese. (2013). Using Clickers in Class. The Role of Interactivity, Active Collaborative Learning and Engagement in Learning Performance. *Computers & Education* 62:102–10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.019>.
- Bragg, Leicha A., Chris Walsh, and Marion Heyeres. (2021). Successful Design and Delivery of Online Professional Development for Teachers: A Systematic Review of the Literature. *Computers & Education* 166:104158. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104158>.
- Burbules, Nicholas C., Guorui Fan, and Philip Repp. (2020). Five Trends of Education and Technology in a Sustainable Future. *Geography and Sustainability* 1(2):93–97. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2020.05.001>.
- Chang, Shao-Chen, & Hwang, Gwo-Jen. (2018). Impacts of an Augmented Reality-Based Flipped Learning Guiding Approach on Students' Scientific Project Performance and Perceptions. *Computers & Education* 125:226–39. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.007>.
- Chien, Yu-Cheng, Yen-Ning Su, Ting-Ting Wu, and Yueh-Min Huang. (2019). Enhancing Students' Botanical Learning by Using Augmented Reality. *Universal Access in the Information Society* 18(2):231–41. doi: 10.1007/s10209-017-0590-4.
- Christopoulos, Athanasios & Sprangers, Pieter. (2021). Integration of Educational Technology during the Covid-19 Pandemic: An Analysis of Teacher and Student Receptions edited by S. Wang. *Cogent Education* 8(1):1964690. doi: 10.1080/2331186X.2021.1964690.

- Cuendet, Sébastien, Quentin Bonnard, Son Do-Lenh, and Pierre Dillenbourg. (2013). Designing Augmented Reality for the Classroom. *Computers & Education* 68:557–69. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.015>.
- Degner, Miriam, Stephanie Moser & Doris Lewalter. (2022). Digital Media in Institutional Informal Learning Places: A Systematic Literature Review. *Computers and Education Open* 3:100068. doi: <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2021.100068>.
- Domínguez, Adrián, Joseba Saenz-de-Navarrete, Luis de-Marcos, Luis Fernández-Sanz, Carmen Pagés, and José-Javier Martínez-Herráiz. (2013). Gamifying Learning Experiences: Practical Implications and Outcomes. *Computers & Education* 63:380–92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.020>.
- Doumanis, Ioannis, Daphne Economou, Gavin Robert Sim, and Stuart Porter. (2019). The Impact of Multimodal Collaborative Virtual Environments on Learning: A Gamified Online Debate. *Computers & Education* 130:121–38. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.017>.
- Fidan, Mustafa, & Tuncel, Meric. (2019). Integrating Augmented Reality into Problem Based Learning: The Effects on Learning Achievement and Attitude in Physics Education. *Computers & Education* 142:103635. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103635>.
- Fridrich, Christian. (2019). Socio-Economic Education in the School Subject ‘geography and Economics Education’ in Austria: History, Trends, Issues and Attitudes. *International Journal of Pluralism and Economics Education* 10(4):383–400. doi: 10.1504/IJPEE.2019.106129.
- Garzón, Juan, Kinshuk, Silvia Baldiris, Jaime Gutiérrez, and Juan Pavón. (2020). How Do Pedagogical Approaches Affect the Impact of Augmented Reality on Education? A Meta-Analysis and Research Synthesis. *Educational Research Review* 31:100334. doi: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334>.
- Haleem, Abid, Mohd Javaid, Mohd Asim Qadri, and Rajiv Suman. (2022). Understanding the Role of Digital Technologies in Education: A Review. *Sustainable Operations and Computers* 3:275–85. doi: <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>.
- Heerman, William J., Jesse Cole, Leah Teeters, Tara Lane, Laura E. Burgess, Juan Escarfuller, Kemberlee Bonnet, Shari L. Barkin, and David G. Schlundt. (2019). Qualitative Analysis of COACH: A Community-Based Behavioral Intervention to Reduce Obesity Health Disparities within a Marginalized Community. *Contemporary Clinical Trials Communications* 16:100452. doi: <https://doi.org/10.1016/j.conctc.2019.100452>.
- Hennessy, Sara, Sophia D’Angelo, Nora McIntyre, Saalim Koomar, Adam Kreimeia, Lydia Cao, Meaghan Brugh, and Asma Zubairi. (2022). Technology Use for Teacher Professional Development in Low- and Middle-Income Countries: A Systematic Review. *Computers and Education Open* 3:100080. doi: <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2022.100080>.
- Hoel, Tore & Mason, Jon. (2018). Standards for Smart Education – towards a Development Framework. *Smart Learning Environments* 5(1):3. doi: 10.1186/s40561-018-0052-3.
- Ibanez. (2018). Augmented Reality for STEM Learning: A Systematic Review. *Computers & Education* 123:109–23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>.
- Joo-Nagata, Jorge, Fernando Martinez Abad, José García-Bermejo Giner, and Francisco J. García-Peñalvo. (2017). Augmented Reality and Pedestrian Navigation through Its Implementation in M-Learning and e-Learning: Evaluation of an Educational Program in Chile. *Computers & Education* 111:1–17. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.003>.

- Ke, Fengfeng, Sungwoong Lee, and Xinhao Xu. (2016). Teaching Training in a Mixed-Reality Integrated Learning Environment. *Computers in Human Behavior* 62:212–20. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.03.094>.
- Komarraju, Meera, and Dustin Nadler. (2013). Self-Efficacy and Academic Achievement: Why Do Implicit Beliefs, Goals, and Effort Regulation Matter? *Learning and Individual Differences* 25:67–72. doi: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2013.01.005>.
- Lai, Ah-Fur, Chih-Hung Chen, and Gon-Yi Lee. (2019). An Augmented Reality-Based Learning Approach to Enhancing Students' Science Reading Performances from the Perspective of the Cognitive Load Theory. *British Journal of Educational Technology* 50(1):232–47. doi: <https://doi.org/10.1111/bjet.12716>.
- Liao, Yu-Jun, Wernhuar Tarnng, and Tzu-Ling Wang. (2024). The Effects of an Augmented Reality Lens Imaging Learning System on Students' Science Achievement, Learning Motivation, and Inquiry Skills in Physics Inquiry Activities. *Education and Information Technologies*. doi: 10.1007/s10639-024-12973-9.
- Limperos, Anthony M., Marjorie M. Buckner, Renee Kaufmann, and Brandi N. Frisby. (2015). Online Teaching and Technological Affordances: An Experimental Investigation into the Impact of Modality and Clarity on Perceived and Actual Learning. *Computers & Education* 83:1–9. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.12.015>.
- Lingard, Bob & Gale, Trevor. (2010). *PRESIDENTIAL ADDRESS AS PEDAGOGY: Representing and Constituting the Field of Educational Research*.
- Liono, Rishka A., Nadiran Amanda, Anisah Pratiwi, and Alexander A. S. Gunawan. (2021). A Systematic Literature Review: Learning with Visual by The Help of Augmented Reality Helps Students Learn Better. *Procedia Computer Science* 179:144–52. doi: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.12.019>.
- Liu, Qingtang, Jingjing Ma, Shufan Yu, Qiyun Wang, and Suxiao Xu. (2023). Effects of an Augmented Reality-Based Chemistry Experiential Application on Student Knowledge Gains, Learning Motivation, and Technology Perception. *Journal of Science Education and Technology* 32(2):153–67. doi: 10.1007/s10956-022-10014-z.
- Lowell, Victoria Lynn & Tagare, Deepti. (2023). Authentic Learning and Fidelity in Virtual Reality Learning Experiences for Self-Efficacy and Transfer. *Computers & Education: X Reality* 2:100017. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cexr.2023.100017>.
- Malva, Liina, Äli Leijen, and Aleksandar Baucal. (2020). Towards Measuring Teachers' General Pedagogical Knowledge – A Mixed Method Investigation of a Pilot Test. *Studies in Educational Evaluation* 64:100815. doi: <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2019.100815>.
- Mayer, Colin. (1997). Corporate Governance, Competition, and Performance. *Journal of Law and Society* 24(1):152–76. doi: 10.1111/1467-6478.00041.
- Melo, Elizabete Santos, Marcela Antonini, Christefany Régia Braz Costa, Priscila Silva Pontes, Elucir Gir, and Renata Karina Reis. (2022). Validation of an Interactive Electronic Book for Cardiovascular Risk Reduction in People Living with HIV. *Revista Latino-Americana de Enfermagem* 30. doi: 10.1590/1518-8345.5568.3512.
- Mowbray. (2003). Fidelity Criteria: Development, Measurement, and Validation. *The American Journal of Evaluation* 24(3):315–40. doi: [https://doi.org/10.1016/S1098-2140\(03\)00057-2](https://doi.org/10.1016/S1098-2140(03)00057-2).
- Munari, Alberto. (1999). Jean Piaget (1896-1980). XXIV:1–14.
- Murillo-Zamorano, Luis R., José Ángel López Sánchez, and Ana Luisa Godoy-Caballero. (2019). How the Flipped Classroom Affects Knowledge, Skills, and Engagement in Higher Education: Effects on Students' Satisfaction. *Computers & Education* 141:103608. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103608>.

- Mystakidis, Stylianos, Athanasios Christopoulos, and Nikolaos Pellas. (2022). A Systematic Mapping Review of Augmented Reality Applications to Support STEM Learning in Higher Education. *Education and Information Technologies* 27(2):1883–1927. doi: 10.1007/s10639-021-10682-1.
- Niu, Yunfei. (2023). Integrated Physical Education and Medicine in General Physical Education at Universities in the Age of Educational Technologies. *BMC Medical Education* 23(1):466. doi: 10.1186/s12909-023-04440-9.
- Onwuegbuzie, Anthony J., and Nancy L. Leech. (2007). A Call for Qualitative Power Analyses. *Quality & Quantity* 41(1):105–21. doi: 10.1007/s11135-005-1098-1.
- Onwuegbuzie, Anthony J., Nancy L. Leech, and Kathleen M. T. Collins. (2010). Innovative Data Collection Strategies in Qualitative Research. *Qualitative Report* 15(3):696–726. doi: 10.46743/2160-3715/2010.1171.
- Pace, Romina, Pierre Pluye, Gillian Bartlett, Ann C. Macaulay, Jon Salsberg, Justin Jagosh, and Robbyn Seller. (2012). Testing the Reliability and Efficiency of the Pilot Mixed Methods Appraisal Tool (MMAT) for Systematic Mixed Studies Review. *International Journal of Nursing Studies* 49(1):47–53. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijnurstu.2011.07.002>.
- Papanastasiou, George, Athanasios Drigas, Charalabos Skianis, Miltiadis Lytras, and Effrosyni Papanastasiou. (2019). Virtual and Augmented Reality Effects on K-12, Higher and Tertiary Education Students' Twenty-First Century Skills. *Virtual Reality* 23(4):425–36. doi: 10.1007/s10055-018-0363-2.
- Petersen, Gustav Bøg, Giorgos Petkakis, and Guido Makransky. (2022). A Study of How Immersion and Interactivity Drive VR Learning. *Computers & Education* 179:104429. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104429>.
- Powell, Arthur B., John M. Francisco, and Carolyn A. Maher. (2003). An Analytical Model for Studying the Development of Learners' Mathematical Ideas and Reasoning Using Videotape Data. *The Journal of Mathematical Behavior* 22(4):405–35. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmathb.2003.09.002>.
- Prihatini, Ella S. (2019). Women Who Win in Indonesia: The Impact of Age, Experience, and List Position. *Women's Studies International Forum* 72:40–46. doi: <https://doi.org/10.1016/j.wsif.2018.10.003>.
- Putri, Reni Sovia & Wardoyo, Cipto. (2018). The Development of Financial Accounting Learning Tools with Gall and Borg Model. *Dinamika Pendidikan* 12(2):86–97. doi: 10.15294/dp.v12i2.13559.
- Raihani, R. (2018). Education for Multicultural Citizens in Indonesia: Policies and Practices. *Compare: A Journal of Comparative and International Education* 48(6):992–1009. doi: 10.1080/03057925.2017.1399250.
- Reyes, Vicente Chua. (2023). What Is Most Important in Education Reform? The Impact of Leadership, Innovation and Partnerships. *International Journal of Leadership in Education* 1–18. doi: 10.1080/13603124.2023.2281353.
- Rioz, Gomez. (2023). Analysis of Emotions in the Use of Augmented Reality Technologies in Education: A Systematic Review. *Computer Applications in Engineering Education* 31(1):216–34. doi: <https://doi.org/10.1002/cae.22593>.
- Saeverot, Herner, and Vegard Kvam. (2019). An Alternative Model of Researching Educational Practice: A Pedagogic–Stereoscopic Point of View. *British Educational Research Journal* 45(1):201–18. doi: <https://doi.org/10.1002/berj.3493>.

- Şahin, Ferhan, Ezgi Doğan, Muhammet Recep Okur, and Yusuf Levent Şahin. (2022). Emotional Outcomes of E-Learning Adoption during Compulsory Online Education. *Education and Information Technologies* 27(6):7827–49. doi: 10.1007/s10639-022-10930-y.
- Sahlberg, Pasi. (2023). Trends in Global Education Reform since the 1990 s: Looking for the Right Way. *International Journal of Educational Development* 98:102748. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijedudev.2023.102748>.
- Sakhiyya, Zulfa & Rahmawati, Yuli. (2021). Overview of Education in Indonesia BT - International Handbook on Education in South East Asia. Pp. 1–25 in, edited by L. P. Symaco and M. Hayden. Singapore: Springer Nature Singapore.
- Sandra Waite, Stupiansky. (2022). Jean Piaget’s Constructivist Theory of Learning. in *Theories of Early Childhood Education*. Routledge.
- Saranto, Kaija & Kinnunen, Ulla-Mari. (2009). Evaluating Nursing Documentation – Research Designs and Methods: Systematic Review. *Journal of Advanced Nursing* 65(3):464–76. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2008.04914.x>.
- Sinaga, Parlindungan, Wawan Setiawan, and Mey liana. (2022). The Impact of Electronic Interactive Teaching Materials (EITMs) in e-Learning on Junior High School Students’ Critical Thinking Skills. *Thinking Skills and Creativity* 46:101066. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2022.101066>.
- Tashiro, Jay Shiro & Hartman, Quinn. (2023). Key Complexities Inhibiting Design and Implementation of Adaptive-Inclusive Learning Environments BT - Blended Learning : Lessons Learned and Ways Forward. Pp. 174–88 in, edited by C. Li, S. K. S. Cheung, F. L. Wang, A. Lu, and L. F. Kwok. Cham: Springer Nature Switzerland.
- Tassone, Valentina C., Catherine O’Mahony, Emma McKenna, Hansje J. Eppink, and Arjen E. J. Wals. (2018). (Re-)Designing Higher Education Curricula in Times of Systemic Dysfunction: A Responsible Research and Innovation Perspective. *Higher Education* 76(2):337–52. doi: 10.1007/s10734-017-0211-4.
- Voogt, Joke & Roblin, Natalie Pareja. (2012). A Comparative Analysis of International Frameworks for 21st Century Competences: Implications for National Curriculum Policies. *Journal of Curriculum Studies* 44(3):299–321. doi: 10.1080/00220272.2012.668938.
- Waight, Noemi, Shakhnoza Kayumova, Jennifer Tripp, and Feyza Achilova. (2022). Towards Equitable, Social Justice Criticality: Re-Constructing the ‘Black’ Box and Making It Transparent for the Future of Science and Technology in Science Education. *Science & Education* 31(6):1493–1515. doi: 10.1007/s11191-022-00328-0.
- Wang, X., S. K. Ong, and A. Y. C. Nee. (2016). A Comprehensive Survey of Augmented Reality Assembly Research. *Advances in Manufacturing* 4(1):1–22. doi: 10.1007/s40436-015-0131-4.
- Woßmann, Ludger. (2003). Schooling Resources, Educational Institutions and Student Performance: The International Evidence. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 65(2):117–70. doi: <https://doi.org/10.1111/1468-0084.00045>.
- Wu, Hsin-Kai, Silvia Wen-Yu Lee, Hsin-Yi Chang, and Jyh-Chong Liang. (2013). Current Status, Opportunities and Challenges of Augmented Reality in Education. *Computers & Education* 62:41–49. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>.
- Wu, Wen-Hsiung, Yen-Chun Jim Wu, Chun-Yu Chen, Hao-Yun Kao, Che-Hung Lin, and Sih-Han Huang. (2012). Review of Trends from Mobile Learning Studies: A Meta-Analysis. *Computers & Education* 59(2):817–27. doi: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.03.016>.

- Yada, Akie, Asko Tolvanen, Olli-Pekka Malinen, Kyoko Imai-Matsumura, Hiroshi Shimada, Rihei Koike, and Hannu Savolainen. (2019). Teachers' Self-Efficacy and the Sources of Efficacy: A Cross-Cultural Investigation in Japan and Finland. *Teaching and Teacher Education* 81:13–24. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.01.014>.
- Yen, Jung-Chuan, Chih-Hsiao Tsai, and Min Wu. (2013). Augmented Reality in the Higher Education: Students' Science Concept Learning and Academic Achievement in Astronomy. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 103:165–73. doi: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.322>.
- Zhou, Yuting, Juanjuan Chen, and Minhong Wang. (2022). A Meta-Analytic Review on Incorporating Virtual and Augmented Reality in Museum Learning. *Educational Research Review* 36:100454. doi: <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2022.100454>.