



Biogenerasi Vol 10 No 2, 2025

Biogenerasi

Jurnal Pendidikan Biologi
<https://e-journal.my.id/biogenerasi>



Eksplorasi Perspektif Guru Biologi: Pemanfaatan *Augmented Reality* Dalam Pendidikan

Anisa Solehah Nurwendah, Universitas Cipasung Tasikmalaya, Indonesia
Sahrona Harahap, Universitas Cipasung Tasikmalaya, Indonesia
Pery Jayanto, Universitas Cipasung Tasikmalaya, Indonesia
Meirin Dwiningtyas Putri, Universitas Cipasung Tasikmalaya, Indonesia
*Corresponding author E-mail: anisasolehahnurwendah@uncip.ac.id

Abstrack

This study aims to explore the perception of Biology teachers towards Augmented Reality (AR)-based learning in the context of education. AR-based learning offers an interactive and immersive learning experience, which can improve understanding of difficult concepts as well as enrich students' experience in the learning process. However, the adoption of this technology in the classroom requires good readiness and understanding from the teacher. This study uses a qualitative approach with semi-structured interviews and Focus Group Discussions (FGD) with 16 Biology teachers. The data analysis used was the thematic analysis method. The results of the study show that most teachers consider AR as a very potential tool to increase student motivation and engagement. Teachers also report that AR allows for the visualization of abstract concepts in a more tangible and engaging way. There are several obstacles such as limited infrastructure, lack of training, and difficulties in integrating AR into the curriculum. This research provides important insights for the development of technology education and training policies for teachers in order to support the implementation of AR-based learning more broadly.

Keywords: *augmented reality ; biology; education ; perception*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi persepsi guru Biologi terhadap pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) dalam konteks pendidikan. Pembelajaran berbasis AR menawarkan pengalaman belajar yang interaktif dan imersif, yang dapat meningkatkan pemahaman konsep-konsep yang sulit serta memperkaya pengalaman siswa dalam proses belajar. Namun, adopsi teknologi ini di kelas memerlukan kesiapan dan pemahaman yang baik dari pihak guru. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan wawancara semi-terstruktur dan *Focus Group Discussion* (FGD) terhadap 16 orang guru Biologi. Analisis data yang digunakan menggunakan metode analisis tematik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar guru menganggap AR sebagai alat yang sangat potensial untuk meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa. Guru juga melaporkan bahwa AR memungkinkan visualisasi konsep-konsep abstrak dengan cara yang lebih nyata dan menarik. Terdapat beberapa kendala seperti keterbatasan infrastruktur, kurangnya pelatihan, serta kesulitan dalam integrasi AR ke dalam kurikulum. Penelitian ini memberikan wawasan penting bagi pengembangan kebijakan pendidikan dan pelatihan teknologi untuk guru dalam rangka mendukung implementasi pembelajaran berbasis AR secara lebih luas.

Kata Kunci: *augmented reality ; biologi ; pendidikan ; persepsi*

© 2025 Universitas Cokroaminoto palopo

Correspondence Author :
Universitas Cipasung Tasikmalaya.

p-ISSN 2573-5163
e-ISSN 2579-7085

PENDAHULUAN

Dunia pendidikan telah sangat berubah karena kemajuan teknologi informasi dan komunikasi (TIK). Penggunaan Augmented Reality (AR) dalam pembelajaran adalah salah satu inovasi baru dalam beberapa tahun terakhir. AR adalah teknologi yang melapisi konten yang dibuat komputer ke dalam dunia nyata (Hantono et al., 2018). AR menggabungkan elemen dunia nyata dan digital secara *real-time*, memungkinkan siswa berinteraksi dengan objek virtual yang ada di dunia nyata (Akçayır & Akçayır, 2017). Ini memungkinkan pembelajaran yang lebih interaktif, meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa, dan meningkatkan pemahaman mereka tentang materi yang sulit (Bower et al., 2014) (Jeffri & Awang Rambli, 2017).

AR juga telah banyak digunakan dalam berbagai disiplin ilmu, termasuk biologi. Dalam pembelajaran biologi, AR memungkinkan visualisasi konsep abstrak seperti struktur molekul, siklus kehidupan, atau organ tubuh manusia dalam format tiga dimensi yang mudah dipahami. Teknologi ini membantu siswa memahami materi kompleks dengan lebih cepat dan mendalam, serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih imersif. Misalnya, studi menunjukkan bahwa penggunaan AR dalam pelajaran biologi dapat meningkatkan retensi konsep hingga 30% dibandingkan metode konvensional (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

Namun, meskipun AR memiliki banyak manfaat potensial, penerapannya dalam pendidikan tidak selalu mulus. Keberhasilan implementasi AR sangat bergantung pada persepsi dan kesiapan guru dalam menggunakan teknologi ini (Dunleavy et al., 2009) (Muryanti et al., 2023). Guru merupakan faktor kunci dalam keberhasilan penerapan teknologi baru dalam pembelajaran, karena mereka yang bertanggung jawab untuk merancang dan menerapkan metode pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan siswa (Nguyen & Dang, 2017) (Albion et al., 2015). Oleh karena itu, memahami persepsi guru terhadap pembelajaran berbasis AR sangat penting, baik untuk mengevaluasi efektivitasnya maupun untuk mengidentifikasi tantangan dan hambatan yang ada.

Di sisi lain, penelitian menunjukkan bahwa persepsi positif guru terhadap AR sering kali bertolak belakang dengan

kenyataan di lapangan. Beberapa studi menunjukkan bahwa meskipun banyak guru melihat AR sebagai alat yang menarik dan bermanfaat, mereka sering kali menghadapi kendala seperti keterbatasan infrastruktur, kurangnya pelatihan, serta kesulitan dalam integrasi AR ke dalam kurikulum yang ada (Haji et al., 2023) (Angraini et al., 2024). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun teknologi AR memiliki potensi besar, proses adopsi dan implementasinya memerlukan strategi yang matang, terutama dalam hal pelatihan guru dan pengembangan sistem pendukung.

Penelitian mengenai persepsi guru terhadap pembelajaran berbasis AR di Indonesia masih sangat terbatas. Padahal, memahami pandangan guru terhadap teknologi ini dapat memberikan wawasan berharga untuk merancang solusi yang tepat guna meningkatkan adopsi AR di berbagai jenjang pendidikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi persepsi guru biologi terhadap AR, termasuk manfaat yang dirasakan, tantangan yang dihadapi, serta dukungan yang dibutuhkan. Dengan pemahaman ini, diharapkan dapat ditemukan strategi yang lebih efektif untuk memaksimalkan potensi AR dalam transformasi pendidikan biologi di Indonesia.

METODE

Penelitian ini mengeksplorasi dan menganalisis persepsi guru terhadap pembelajaran berbasis *augmented reality* (AR). Pendekatan kualitatif dipilih karena memungkinkan peneliti untuk menggali lebih dalam tentang pengalaman, pemahaman, dan persepsi guru tentang penerapan AR dalam pembelajaran. Menurut penelitian ini, ada 16 orang guru Biologi yang mengajar di Sekolah Menengah Atas. Dua instrumen yang digunakan untuk mengumpulkan data yaitu, *Focus Group Discussion* (FGD) dan wawancara semi-terstruktur.

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan metode analisis tematik. Analisis tematik adalah metode analisis kualitatif yang digunakan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan melaporkan pola (tema) dalam data (Nowell et al., 2017). Dengan tahapan sebagai berikut ; Transkripsi: Semua wawancara dan diskusi kelompok terfokus direkam dan ditranskripsi secara verbatim. Koding: Peneliti membaca transkrip dan mengidentifikasi tema-tema atau

kategori utama yang berkaitan dengan persepsi guru terhadap pembelajaran berbasis AR. Kategorisasi dan Pemaknaan: Data yang relevan dikelompokkan dalam kategori-kategori, seperti manfaat AR, tantangan yang dihadapi, dan rekomendasi untuk implementasi AR. Validitas: Untuk memastikan validitas data, peneliti melakukan triangulasi data, yaitu membandingkan hasil wawancara dengan data yang diperoleh dari FGD dan sumber lain yang relevan, serta meminta feedback dari partisipan untuk memastikan akurasi interpretasi data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Wawancara dilakukan dengan guru secara individu untuk menggali persepsi mereka terhadap penggunaan AR dalam pembelajaran. Beberapa topik yang dibahas dalam wawancara meliputi ; a) pengalaman menggunakan AR di kelas ; b) manfaat yang dirasakan dari penggunaan AR; c) kendala dan tantangan yang dihadapi dalam penggunaan AR, d) persepsi terhadap dampak AR terhadap motivasi dan hasil belajar siswa, e) kebutuhan pelatihan atau dukungan teknis untuk penggunaan AR lebih lanjut.

Focus Group Discussion (FGD) dilaksanakan dengan cara sesi diskusi kelompok dengan 5-6 guru untuk mendalami topik-topik yang muncul dalam wawancara dan membandingkan persepsi mereka satu sama lain. FGD juga berfungsi untuk menggali dinamika interaksi dan ide-ide yang mungkin tidak muncul dalam wawancara individu. Prosedur pengumpulan data dilakukan melalui empat tahap, sebagai berikut :

Tahap 1: Penyebaran kuesioner awal untuk mengidentifikasi guru yang telah menggunakan AR dalam pembelajaran mereka. Tahap 2: Wawancara semi-terstruktur dilakukan melalui aplikasi *whatsapp video call*. Setiap wawancara diperkirakan berlangsung selama 30-45 menit. Tahap 3: Fokus grup diskusi (FGD) dilakukan setelah wawancara untuk mendapatkan pandangan yang lebih luas dan mendalam mengenai persepsi guru terhadap pembelajaran berbasis AR. Tahap 4: Pengumpulan data dilakukan selama dua bulan, dengan analisis data dilakukan secara bersamaan dengan proses pengumpulan data.

Berdasarkan analisis data yang diperoleh dari wawancara semi-terstruktur dan *focus group discussion* (FGD), penelitian ini menemukan beberapa tema utama terkait

persepsi guru terhadap pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR). Berikut adalah hasil temuan utama yang diperoleh dari partisipan penelitian :

a) Manfaat AR dalam Pembelajaran

Peningkatan Keterlibatan Siswa : Sebagian besar guru melaporkan bahwa penggunaan AR meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa dalam proses pembelajaran. AR memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik, interaktif, dan visual, yang dapat mempermudah siswa dalam memahami materi yang abstrak. Beberapa guru menyatakan bahwa siswa lebih antusias ketika materi disampaikan dengan cara yang lebih visual dan dapat berinteraksi langsung dengan objek digital. *“Siswa sangat tertarik dan lebih fokus saat belajar menggunakan AR. Mereka merasa lebih aktif karena bisa melihat objek secara langsung.”* (Guru A) *“Penggunaan AR dalam pembelajaran biologi dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa, mendorong pembelajaran kolaboratif dan meningkatkan kemampuan memecahkan masalah “* (Guru B) *Pemahaman Konsep yang Lebih Baik: Banyak guru melaporkan bahwa AR sangat efektif untuk mengajarkan konsep-konsep yang sulit, seperti materi biologi atau fisika yang melibatkan objek tiga dimensi, karena siswa dapat melihat dan berinteraksi dengan model-model virtual. “Dengan AR, siswa bisa melihat struktur tubuh manusia atau planet dalam 3D, yang tidak bisa dilakukan dengan buku biasa. Ini membantu mereka memahami dengan lebih baik.”* (Guru C) *“Penggunaan AR dalam pembelajaran biologi membantu memvisualisasikan materi menjadi lebih mudah seperti mekanisme kerja jantung dan bagian-bagiannya”* (Guru D)

b) Tantangan dan Kendala dalam Penggunaan AR

Keterbatasan Infrastruktur: Salah satu kendala utama yang dihadapi oleh para guru adalah kurangnya infrastruktur yang memadai, seperti perangkat keras (tablet, smartphone) dan koneksi internet yang stabil. Beberapa guru melaporkan bahwa AR membutuhkan perangkat yang lebih canggih, yang tidak selalu tersedia di semua sekolah. *“Keterbatasan perangkat menjadi masalah besar. Tidak semua siswa memiliki ponsel atau tablet yang mendukung AR.”* (Guru C) *“Hambatan penerapan AR di sekolah saya adalah keterbatasan penggunaan*

gedget (smartphone/laptop) (peserta didik tidak diperbolehkan membawanya ke sekolah)” (Guru K) Kurangnya Pelatihan dan Pengetahuan Teknologi: Banyak guru mengungkapkan bahwa mereka merasa kurang siap untuk menggunakan AR karena tidak memiliki pelatihan yang cukup. Beberapa guru merasa kurang percaya diri dalam mengintegrasikan AR ke dalam pembelajaran mereka karena keterbatasan pengetahuan tentang cara mengoperasikan perangkat dan aplikasi AR. “Saya ingin menggunakan AR lebih sering, tetapi saya kurang tahu caranya. Pelatihan untuk guru tentang AR sangat dibutuhkan.” (Guru D) “Terdapat beberapa tantangan dalam implementasi AR di kelas, seperti biaya perangkat yang tinggi dan kebutuhan pelatihan bagi guru.” (Guru L) Waktu dan Persiapan yang Dibutuhkan: Beberapa guru juga mengeluhkan bahwa penggunaan AR memerlukan waktu persiapan yang lebih banyak dibandingkan dengan metode pembelajaran tradisional. Untuk mempersiapkan materi AR, guru harus mempelajari aplikasi atau teknologi baru terlebih dahulu. “Untuk menyiapkan pelajaran dengan AR, saya harus belajar dulu cara menggunakan aplikasi tersebut. Waktu saya terbatas, jadi kadang-kadang sulit untuk mempersiapkannya.” (Guru E)

c) Persepsi Guru tentang Dampak AR terhadap Pembelajaran

Peningkatan Motivasi Siswa : Guru-guru mengakui bahwa AR dapat memotivasi siswa untuk belajar lebih aktif dan menyenangkan. Siswa yang sebelumnya kurang tertarik dengan pelajaran, menjadi lebih terlibat setelah menggunakan teknologi ini. *“AR memberikan pengalaman baru bagi siswa. Mereka lebih tertarik dan senang belajar karena ada sesuatu yang baru dan berbeda.” (Guru F)*

Pengembangan Keterampilan Digital Siswa: Sebagian guru juga mencatat bahwa penggunaan AR membantu siswa mengembangkan keterampilan digital yang

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis *Augmented Reality* (AR) memiliki potensi besar dalam meningkatkan efektivitas proses pembelajaran. Namun, implementasi AR juga menghadirkan sejumlah tantangan yang memerlukan perhatian khusus. Berikut adalah pembahasan

penting untuk abad ke-21, seperti keterampilan teknologi dan pemecahan masalah. *“Selain belajar materi, siswa juga jadi lebih terampil dalam menggunakan teknologi. Itu keuntungan tambahan.” (Guru G)*

d) Rekomendasi untuk Implementasi AR dalam Pembelajaran

Pelatihan dan Dukungan untuk Guru : Banyak guru menyarankan agar ada pelatihan lebih lanjut dan pendampingan bagi mereka untuk menggunakan AR secara efektif dalam pembelajaran. Pelatihan ini diharapkan mencakup pemahaman dasar teknologi AR serta cara mengintegrasikannya dalam kurikulum yang ada. *“Pelatihan tentang cara menggunakan AR harus lebih tersedia. Jika kami tahu cara menggunakannya dengan benar, kami akan lebih percaya diri.” (Guru H) “Sosialisasi dan pengetahuan mengenai materi penggunaan AR” (Guru O)*

Peningkatan Akses ke Perangkat dan Infrastruktur: Para guru juga merekomendasikan agar pemerintah atau pihak sekolah meningkatkan akses terhadap perangkat yang kompatibel dengan AR dan menyediakan koneksi internet yang stabil, agar semua siswa dapat merasakan manfaat dari teknologi ini. *“Jika sekolah bisa menyediakan lebih banyak tablet atau ponsel yang mendukung AR, maka AR bisa lebih optimal digunakan di kelas.” (Guru I) “pengadaan fasilitas sekolah seperti proyektor, leptop dan speaker” (Guru P)*

Pengembangan Materi AR yang Sesuai dengan Kurikulum: Beberapa guru mengusulkan perlunya pengembangan materi pembelajaran berbasis AR yang lebih bervariasi dan sesuai dengan kurikulum yang ada, sehingga penggunaannya menjadi lebih mudah diintegrasikan dalam pembelajaran sehari-hari. *“Materi AR yang disesuaikan dengan kurikulum akan memudahkan kami menggunakannya tanpa harus mengubah seluruh metode pengajaran.” (Guru J)*

temuan penelitian berdasarkan tema-tema utama yang muncul :

a) Manfaat AR dalam Pembelajaran

Guru mengapresiasi AR sebagai teknologi yang dapat meningkatkan keterlibatan siswa, mempermudah pemahaman konsep abstrak, dan memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik. Penemuan ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang

menemukan bahwa AR dapat meningkatkan motivasi siswa untuk belajar dan memberikan pengalaman belajar yang menarik (Bower et al., 2014).

AR berdampak positif terhadap efektivitas pembelajaran (Garzón et al., 2019). AR memungkinkan guru mengajak siswa melakukan karyawisata virtual dan menawarkan pembelajaran interaktif dan menarik yang dapat diakses dari mana saja (Kumar et al., 2022). Dengan AR siswa juga dapat menjelajahi dunia virtual dan mereplikasi pengalaman dunia nyata untuk mendapatkan pemahaman konsep yang lebih baik (Olbina & Glick, 2023). Selain itu, penggunaan AR dalam pendidikan dapat membantu mengurangi biaya yang terkait dengan materi pembelajaran dan perjalanan, sehingga lebih mudah diakses dan terjangkau oleh semua orang (Shibata, 2019).

AR memberikan kesempatan bagi siswa untuk memahami konsep melalui visualisasi langsung. Sebagai contoh, model tiga dimensi organ tubuh manusia memungkinkan siswa memahami anatomi secara lebih konkret dibandingkan dengan hanya melihat ilustrasi di buku teks. Guru juga mencatat peningkatan partisipasi siswa dalam diskusi, yang merupakan indikasi bahwa AR mendorong pembelajaran yang lebih aktif.

b) Tantangan dalam Implementasi AR

Meskipun manfaat AR sangat jelas, penelitian ini juga menemukan berbagai kendala yang menghambat penerapannya. Keterbatasan infrastruktur, seperti perangkat keras dan akses internet, merupakan tantangan utama. Hal ini relevan dengan studi (Hennessy et al., 2016) menyoroti bahwa keterbatasan sumber daya menjadi hambatan dalam implementasi teknologi pendidikan, terutama di negara berkembang. Salah satu tantangan utama AR di dunia pendidikan adalah biayanya (Nguyen & Dang, 2017). Perangkat keras dan perangkat lunak yang diperlukan untuk teknologi ini bisa mahal, dan sekolah mungkin tidak memerlukan biaya mempunyai anggaran untuk membelinya. Selain itu, perangkat lunak dulu menciptakan pengalaman yang imersif harus diperbarui secara berkala, yang bisa menyebabkan biaya tambahan. Tantangan lainnya adalah aksesibilitas (Biswas et al., 2021).

Tidak semua siswa mempunyai akses terhadap perangkat keras dan perangkat lunak

yang diperlukan, sehingga dukungan berupa pelatihan intensif dan pendampingan teknis menjadi kebutuhan mendesak. Guru juga menghadapi tantangan dalam hal waktu persiapan yang lebih panjang untuk menyusun materi berbasis AR, yang dapat menjadi beban tambahan di tengah jadwal kerja mereka yang sudah padat.

c) Dampak AR terhadap Pembelajaran

Perkembangan terkini dalam teknologi Augmented Reality (AR) memberikan dampak besar pada dunia pendidikan. AR dapat digunakan untuk menciptakan pengalaman belajar yang mendalam, membantu siswa untuk lebih memahami dan terlibat dengan subjek penting (Vretos et al., 2019). Aplikasi AR dan VR dapat digunakan membuat simulasi virtual dari berbagai skenario, yang dapat bermanfaat untuk mengajar siswa tentang mata pelajaran seperti sejarah, sains, dan ekonomi (Lai et al., 2020). Misalnya, seorang siswa yang belajar fisika dapat menggunakan simulator AR untuk mengeksplorasi sifat-sifat lubang hitam, atau siswa yang mempelajari biologi dapat mengeksplorasi organ system pencernaan dan mekanisme kerja jantung.

Dari perspektif guru, dampak positif AR terlihat jelas dalam peningkatan motivasi siswa. Siswa lebih terlibat dan menunjukkan rasa ingin tahu yang tinggi terhadap materi yang disajikan. Hal ini mengkonfirmasi temuan (Chen et al., 2017) bahwa AR meningkatkan keterlibatan emosional siswa dalam pembelajaran, yang berdampak positif pada hasil belajar.

Selain itu, penggunaan AR membantu siswa mengembangkan keterampilan digital, seperti cara berinteraksi dengan teknologi baru dan kemampuan untuk mengeksplorasi informasi secara mandiri. Ini relevan dengan kebutuhan keterampilan abad ke-21 yang semakin menekankan pentingnya literasi digital. Namun, dampak positif ini hanya dapat tercapai jika tantangan-tantangan implementasi dapat diatasi. Guru menekankan pentingnya dukungan institusi, baik dalam bentuk pelatihan, penyediaan infrastruktur, maupun pengembangan materi yang relevan dengan kurikulum.

d) Rekomendasi untuk Implementasi yang Efektif

Berdasarkan temuan penelitian, ada beberapa rekomendasi yang dapat

diterapkan untuk meningkatkan keberhasilan implementasi AR :

Pelatihan Guru: Guru memerlukan pelatihan yang sistematis untuk memahami cara kerja teknologi AR, termasuk cara mengintegrasikannya ke dalam pembelajaran. Pelatihan ini harus mencakup aspek teknis dan pedagogis. **Peningkatan Akses terhadap Infrastruktur:** Pemerintah dan sekolah perlu menyediakan perangkat keras yang kompatibel dengan AR dan memastikan akses internet yang memadai untuk mendukung penggunaannya. **Pengembangan Materi Berbasis AR:** Pengembang materi pembelajaran perlu bekerja sama dengan pendidik untuk menghasilkan konten AR yang relevan, praktis, dan mudah digunakan oleh guru di berbagai tingkat pendidikan. **Pendampingan dalam Implementasi:** Guru memerlukan dukungan teknis secara berkelanjutan untuk memastikan bahwa mereka dapat mengatasi masalah teknis yang mungkin muncul selama penggunaan AR di kelas.

SIMPULAN DAN SARAN

Secara keseluruhan, persepsi guru terhadap pembelajaran berbasis AR cenderung positif. Mereka melihat teknologi ini sebagai alat yang sangat potensial untuk meningkatkan keterlibatan siswa dan pemahaman konsep yang lebih baik. Namun, tantangan utama yang dihadapi adalah keterbatasan infrastruktur, kurangnya pelatihan, dan waktu yang dibutuhkan untuk mempersiapkan materi pembelajaran berbasis AR. Untuk itu, dukungan yang lebih baik dalam bentuk pelatihan, peningkatan akses terhadap perangkat, dan pengembangan materi pembelajaran yang relevan diperlukan agar AR dapat lebih efektif diterapkan dalam kelas. Penelitian ini merekomendasikan agar pihak sekolah dan pemerintah memperhatikan kebutuhan infrastruktur dan pelatihan untuk guru dalam penggunaan AR, serta pengembangan materi yang dapat diakses oleh semua sekolah di berbagai jenjang pendidikan.

DAFTAR RUJUKAN

Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>

- Albion, P. R., Tondeur, J., Forkosh-Baruch, A., & Peeraer, J. (2015). Teachers' professional development for ICT integration: Towards a reciprocal relationship between research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 655–673. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9401-9>
- Angraini, L. M., Susilawati, A., Noto, M. S., Wahyuni, R., & Andrian, D. (2024). Augmented Reality for Cultivating Computational Thinking Skills in Mathematics Completed with Literature Review, Bibliometrics, and Experiments for Students. *Indonesian Journal of Science and Technology*, 9(1), 225–260. <https://doi.org/10.17509/ijost.v9i1.67258>
- Biswas, P., Orero, P., Swaminathan, M., Krishnaswamy, K., & Robinson, P. (2021). Adaptive accessible AR/VR systems. *Extended Abstracts of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–7.
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education - cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.889400>
- Chen, P., Liu, X., Cheng, W., & Huang, R. (2017). A review of using Augmented Reality in Education from 2011 to 2016. *Innovations in Smart Learning*, 13–18.
- Dunleavy, M., Dede, C., & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. *Journal of Science Education and Technology*, 18(1), 7–22. <https://doi.org/10.1007/s10956-008-9119-1>
- Garzón, J., Pavón, J., & Baldiris, S. (2019). Systematic review and meta-analysis of augmented reality in educational settings. *Virtual Reality*, 23(4), 447–459. <https://doi.org/10.1007/s10055-019-00379-9>
- Haji, J. R., Shiyo, R. J., & Mrutu, N. E. (2023). Exploring Effective ICT Integration Strategies in Education: A Case of Two Public Primary Schools in Mombasa, Kenya. *Journal of Education and*

- Practice*, 7(7), 15–29.
<https://doi.org/10.47941/jep.1526>
- Hantono, B. S., Nugroho, L. E., & Santosa, P. I. (2018). Meta-review of augmented reality in education. *Proceedings of 2018 10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering: Smart Technology for Better Society, ICITEE 2018, January 2019*, 312–315.
<https://doi.org/10.1109/ICITEED.2018.8534888>
- Hennessy, S., Rojas-Drummond, S., Higham, R., Márquez, A., Maine, F., Ríos, R., García-Carrión, R., Torreblanca, O., & Barrera Olmedo, M. (2016). Developing a coding scheme for analysing classroom dialogue across educational contexts. *Learning, Culture and Social Interaction*, 9.
<https://doi.org/10.1016/j.lcsi.2015.12.001>
- Ibáñez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Jeffri, N. F. S., & Awang Rambli, D. R. (2017). Design and Development of an Augmented Reality Book and Mobile Application to Enhance the Handwriting-Instruction for Pre-School Children. *Open Journal of Social Sciences*, 05(10), 361–371.
<https://doi.org/10.4236/jss.2017.510030>
- Kumar, P. P., Thallapalli, R., Akshay, R., Sai, K. S., Sai, K. S., & Srujan, G. S. (2022). State-of-the-Art: Implementation of Augmented Reality and Virtual Reality with the Integration of 5G in the Classroom. *AIP Conference Proceedings*, 2418(1).
- Lai, N. Y. G., Wong, K. H., Yu, L. J., & Kang, H. S. (2020). Virtual reality (VR) in engineering education and training: A bibliometric analysis. *Proceedings of the 2nd World Symposium on Software Engineering*, 161–165.
- Muryanti, E., Pransiska, R., Novrianti, Ummayah, Y. A., & Azman, M. N. A. (2023). Teachers' Acceptance and Readiness to Use Augmented Reality Book to Teach English Vocabulary in Kindergartens. *International Journal on Informatics Visualization*, 7(4), 2351–2357.
<https://doi.org/10.30630/joiv.7.4.2168>
- Nguyen, V. T., & Dang, T. (2017). Setting up virtual reality and augmented reality learning environment in unity. *2017 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR-Adjunct)*, 315–320.
- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E., & Moules, N. J. (2017). Thematic Analysis: Striving to Meet the Trustworthiness Criteria. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1), 1–13.
<https://doi.org/10.1177/1609406917733847>
- Olbina, S., & Glick, S. (2023). Using Integrated Hands-on and Virtual Reality (VR) or Augmented Reality (AR) Approaches in Construction Management Education. *International Journal of Construction Education and Research*, 19(3), 341–360.
<https://doi.org/10.1080/15578771.2022.2115173>
- Shibata, T. (2019). Virtual reality in education: How schools use vr in classrooms. *Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018) Volume X: Auditory and Vocal Ergonomics, Visual Ergonomics, Psychophysiology in Ergonomics, Ergonomics in Advanced Imaging 20*, 423–425.
- Vretos, N., Daras, P., Asteriadis, S., Hortal, E., Ghaleb, E., Spyrou, E., Leligou, H. C., Karkazis, P., Trakadas, P., & Assimakopoulos, K. (2019). Exploiting sensing devices availability in AR/VR deployments to foster engagement. *Virtual Reality*, 23, 399–410.