



AUGMENTED REALITY (AR) SEBAGAI INOVASI MEDIA PEMBELAJARAN BANGUN RUANG DI SEKOLAH DASAR NEGERI GAJAHMUNGKUR 03

Augmented Reality (AR) as an Innovative Learning Media for Geometry in Gajahmungkur 03 Elementary School

Muhammad Zainudin Al Amin* , Basirudin Ansor, Achmad Solichan, Aditya Putra Ramdani, Nova Christina Sari, Edy Winarno, Eva Febylana, Dewi Rahmawati, Fahri

Program Studi Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Semarang

Jl. Kedungmundu Raya No.18, Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah

*Alamat Korespondensi : zainudin@unimus.ac.id

(Tanggal Submission: 6 Agustus 2025, Tanggal Accepted : 15 Agustus 2025)



Kata Kunci :

Augmented Reality, Bangun Ruang, Media Pembelajaran Interaktif

Abstrak :

Pembelajaran geometri bangun ruang di sekolah dasar masih menghadapi tantangan karena bersifat abstrak dan sulit divisualisasikan oleh siswa. Guru kerap kesulitan menyampaikan materi secara menarik dan konkret dengan media konvensional. Seiring dengan berkembangnya teknologi, Augmented Reality (AR) dinilai sebagai pendekatan yang potensial untuk mendukung proses pembelajaran. SDN Gajahmungkur 03 Semarang sebagai mitra kegiatan memiliki kebutuhan untuk mengintegrasikan media digital dalam pembelajaran sebagai bentuk inovasi dalam mendukung Merdeka Belajar. Tujuan kegiatan ini adalah memberikan pelatihan kepada guru dalam mengembangkan dan menggunakan media pembelajaran berbasis AR untuk materi bangun ruang tiga dimensi. Metode kegiatan menggunakan pendekatan pelatihan partisipatif dengan tahapan observasi awal, perancangan aplikasi AR, pelaksanaan pelatihan, simulasi kelas terbimbing, dan evaluasi partisipan. Hasil pelaksanaan menunjukkan peningkatan kemampuan guru dalam mengembangkan dan mengoperasikan aplikasi AR bertajuk "3D Ruangku". Respon guru terhadap penggunaan aplikasi sangat positif, dengan 80% menyatakan aplikasi mudah digunakan dan 85% menilai aplikasi membantu memperjelas konsep bangun ruang. Siswa juga menunjukkan peningkatan motivasi dan ketertarikan belajar selama pembelajaran menggunakan AR berlangsung. Selain itu, guru mulai memahami cara mengintegrasikan teknologi dalam pembelajaran dan mampu mengevaluasi kelebihan dan kekurangan media yang digunakan. Masukan dari guru menjadi dasar penting untuk pengembangan aplikasi lebih lanjut. Kegiatan ini terbukti mampu meningkatkan literasi teknologi dan kemampuan guru



dalam menyampaikan materi bangun ruang dengan pendekatan yang lebih interaktif dan aplikatif.

Key word :

Augmented Reality, Three-Dimensional Shapes, Interactive Learning Media

Abstract :

Geometry instruction in elementary schools continues to face challenges due to the abstract nature of spatial concepts, which are often difficult for students to visualize using traditional media. Teachers frequently encounter difficulties in delivering material in an engaging and concrete manner. With the advancement of technology, Augmented Reality (AR) is considered a promising approach to enhance the learning experience. SDN Gajahmungkur 03 Semarang, as the partner school in this community engagement activity, has shown a strong commitment to adopting digital innovation in support of the Merdeka Belajar (Freedom to Learn) policy. This program aimed to provide training for elementary school teachers in developing and utilizing AR-based learning media, specifically designed to facilitate the understanding of three-dimensional geometric shapes. The activity employed a participatory training approach, which included initial observation and needs assessment, AR application design, hands-on workshops, guided classroom simulations, and post-activity evaluation through questionnaires. The results indicated a significant improvement in teachers' ability to develop and operate the "3D Ruangku" AR application. Teachers responded positively, with 80% agreeing that the app was user-friendly and 85% stating it effectively helped students understand the concepts of 3D shapes. Students demonstrated increased motivation, engagement, and enthusiasm during AR-based learning sessions. Moreover, teachers gained new perspectives on integrating educational technology into their teaching practice and provided constructive feedback for further application development. This community service activity successfully enhanced teachers' technological literacy and pedagogical competence, particularly in delivering abstract content through interactive and innovative methods.

Panduan sitasi / citation guidance (APPA 7th edition) :

Amin, M. Z. A., Ansor, B., Solichan, A., Ramdani, A. P., Sari, N. C., Winarno, E., Febyliana, E., Rahmawati, D. & Fahri, F. (2025). Augmented Reality (AR) sebagai Inovasi Media Pembelajaran Bangun Ruang di Sekolah Dasar Negeri Gajahmungkur 03. *Jurnal Abdi Insani*, 12(8), 3992-4000. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v12i8.2822>

PENDAHULUAN

SDN Gajahmungkur 03 merupakan salah satu sekolah dasar di Kota Semarang yang memiliki komitmen tinggi terhadap inovasi dalam proses pembelajaran. Salah satu program yang telah diimplementasikan adalah "Gajah Keris", sebuah program literasi yang dirancang untuk mendukung kebijakan Merdeka Belajar yang dicanangkan oleh pemerintah. Program ini menjadi bagian dari upaya sekolah dalam menghadirkan metode pembelajaran yang lebih adaptif, kreatif, dan sesuai dengan perkembangan zaman (Wijayanti, 2023).

Namun demikian, berdasarkan hasil observasi dan wawancara yang dilakukan oleh tim pengabdian, ditemukan bahwa pembelajaran pada materi bangun ruang masih menghadapi berbagai tantangan. Sifat abstrak dari bangun ruang tiga dimensi seringkali menyulitkan siswa untuk memahami konsep secara utuh, terutama ketika penyampaian materi hanya bergantung pada gambar dua



dimensi dalam buku ajar. Guru pun mengalami kesulitan dalam menyampaikan materi ini secara visual, sehingga berdampak pada rendahnya pemahaman siswa terhadap dimensi, volume, dan bentuk geometris lainnya.

Seiring dengan kemajuan teknologi, salah satu pendekatan yang dinilai efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah penerapan teknologi **Augmented Reality (AR)** dalam proses pembelajaran. AR memungkinkan pengguna untuk berinteraksi secara langsung dan real-time dengan objek virtual tiga dimensi yang ditampilkan di atas permukaan nyata, sehingga mampu menjembatani kesenjangan antara teori dan praktik dalam kegiatan belajar-mengajar. Media ini diyakini mampu menjadikan pembelajaran lebih konkret, menarik, dan bermakna bagi peserta didik.

Efektivitas teknologi AR dalam pendidikan telah dibuktikan dalam berbagai penelitian sebelumnya. Rahmat dan Noviyanti (2021) melaporkan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran geometri, khususnya bangun ruang, memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan pemahaman konsep geometris siswa. Penelitian lain oleh Syahputra *et al.* (2024) yang mengembangkan aplikasi berbasis **Unity 3D** dan **Vuforia Engine**, menemukan bahwa integrasi AR tidak hanya berdampak positif terhadap pemahaman kognitif, tetapi juga meningkatkan motivasi belajar dan kepercayaan diri siswa. Guru pun melaporkan antusiasme siswa meningkat secara signifikan selama proses pembelajaran berlangsung. Temuan serupa juga dikemukakan oleh Rusnandi *et al.* (2015), yang menyoroti bahwa implementasi AR mampu memperkuat hubungan antara jaring-jaring bangun ruang dan bentuk tiga dimensi yang sesungguhnya, serta mengurangi kesalahan konseptual siswa dalam memahami volume dan dimensi objek.

Berdasarkan berbagai temuan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa teknologi AR memiliki potensi besar untuk direalisasikan sebagai media pembelajaran inovatif di SDN Gajahmungkur 03, khususnya untuk materi bangun ruang. Pendekatan ini diyakini tidak hanya meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi yang bersifat abstrak, namun juga dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif, menyenangkan, dan partisipatif.

Tujuan dari kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah untuk mengimplementasikan media pembelajaran berbasis Augmented Reality dalam pembelajaran geometri, serta memberikan pelatihan kepada guru agar mampu memanfaatkan teknologi ini secara mandiri. Diharapkan kegiatan ini mampu memberikan manfaat jangka panjang dalam meningkatkan kualitas pembelajaran di sekolah dasar, serta menjadi inspirasi bagi sekolah lain dalam mengintegrasikan teknologi edukasi secara efektif. Harapannya, inovasi ini dapat menjadi salah satu alternatif metode pembelajaran yang berkelanjutan dalam rangka mendukung transformasi pendidikan di era digital.

METODE KEGIATAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan dengan pendekatan pelatihan partisipatif yang berfokus pada pengembangan dan pemanfaatan media pembelajaran interaktif berbasis Augmented Reality (AR) untuk meningkatkan pemahaman siswa terhadap bangun ruang tiga dimensi di SDN Gajahmungkur 03, Kota Semarang.

Pelaksanaan kegiatan dilakukan pada tanggal 17 Desember 2024, dengan sasaran utama 10 orang guru dari berbagai mata pelajaran di SDN Gajahmungkur 03. Seluruh peserta terlibat aktif dalam pelatihan penggunaan media pembelajaran berbasis AR serta implementasinya di lingkungan kelas. Kehadiran guru lintas mata pelajaran memperkuat potensi adopsi teknologi ini tidak hanya untuk pembelajaran matematika, tetapi juga bidang pembelajaran lainnya di masa mendatang. Pihak sekolah sebagai mitra kegiatan turut mendukung pelaksanaan dengan menyediakan fasilitas berupa ruang kelas dan perangkat pendukung pelatihan.

Secara umum, metode pelaksanaan kegiatan terbagi dalam beberapa tahapan utama, dimulai dari observasi awal dan identifikasi kebutuhan mitra. Pada tahap ini, dilakukan survei dan wawancara dengan pihak sekolah untuk menggali permasalahan yang dihadapi guru dalam menyampaikan materi bangun ruang. Selanjutnya, dilakukan pemetaan masalah dan perumusan solusi, yaitu dengan



merancang aplikasi pembelajaran berbasis AR yang mampu menampilkan objek geometri secara tiga dimensi dan interaktif.

Tahap berikutnya adalah pengembangan aplikasi 3D Ruangku berbasis Unity dan Vuforia. Aplikasi ini dirancang untuk menampilkan model bangun ruang seperti kubus, balok, bola, dan kerucut, dilengkapi dengan fitur kuis evaluatif yang memberikan umpan balik langsung kepada siswa. Untuk mendukung penggunaan aplikasi, tim juga menyusun *marker* berbasis gambar jaring-jaring bangun ruang yang dapat dicetak sebagai pemicu pemindaian objek AR.

Pelatihan dilaksanakan secara langsung di ruang kelas, mencakup pengenalan konsep AR, instalasi aplikasi, cara penggunaan marker, serta simulasi pembelajaran menggunakan aplikasi di dalam kelas. Guru diberi kesempatan untuk langsung mencoba aplikasi, memahami fitur, dan berdiskusi mengenai potensi penggunaannya dalam kegiatan belajar-mengajar.

Tahapan selanjutnya adalah implementasi aplikasi di dalam kelas secara terbatas dengan pendekatan uji coba terbimbing. Guru melakukan simulasi penggunaan aplikasi dengan skenario pembelajaran nyata, sambil didampingi oleh tim pelaksana untuk meminimalkan kendala teknis.

Tahap akhir berupa evaluasi capaian kegiatan dan survei kepuasan mitra. Penilaian dilakukan melalui kuesioner kepada peserta pelatihan yang mencakup aspek kemudahan penggunaan, ketertarikan visual, dan manfaat media terhadap proses belajar mengajar. Berdasarkan hasil evaluasi, sebagian besar guru menilai bahwa penggunaan media berbasis AR ini sangat membantu dalam menjelaskan materi abstrak, menarik bagi siswa, dan layak untuk diterapkan lebih luas.

Gambaran umum tahapan pelaksanaan kegiatan disajikan pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Metode Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian Masyarakat – Media Pembelajaran 3D Ruangku Berbasis Augmented Reality.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini berfokus pada pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* (AR) untuk pembelajaran konsep bangun ruang di sekolah dasar. Kegiatan ini dirancang sebagai respon atas tantangan pembelajaran geometri 3D yang cenderung sulit dipahami siswa jika hanya menggunakan media konvensional seperti gambar 2D dalam buku. Guru yang menjadi peserta kegiatan, berjumlah sepuluh orang dari berbagai latar belakang mata pelajaran, mengikuti pelatihan pembuatan media belajar interaktif berbasis AR yang dilaksanakan dalam beberapa tahap mulai dari desain konten hingga pengujian aplikasi.

Pelatihan dimulai dengan pengenalan aplikasi *3D Ruangku*, yaitu aplikasi AR yang dikembangkan untuk memvisualisasikan bangun ruang seperti kubus, balok, limas, bola, dan sebagainya. Gambar 2 menunjukkan tampilan awal dan menu utama dari aplikasi ini yang menampilkan elemen visual yang menarik dan mudah diakses oleh siswa. Guru diberi pemahaman tentang navigasi aplikasi dan fitur-fiturnya.



Gambar 2. Tampilan awal dan menu aplikasi bangun ruang 3D

Selanjutnya, guru mencoba fitur kuis dalam aplikasi. Fitur ini dirancang untuk menguji pemahaman siswa terhadap konsep bangun ruang. Gambar 3 memperlihatkan salah satu soal dalam kuis dan respon aplikasi ketika siswa menjawab dengan salah, sedangkan Gambar 4 menampilkan hasil akhir dari kuis yang telah dijawab. Aplikasi memberikan umpan balik otomatis berupa jumlah jawaban benar dan salah serta skor akhir, yang dirancang untuk memberikan evaluasi langsung kepada siswa.

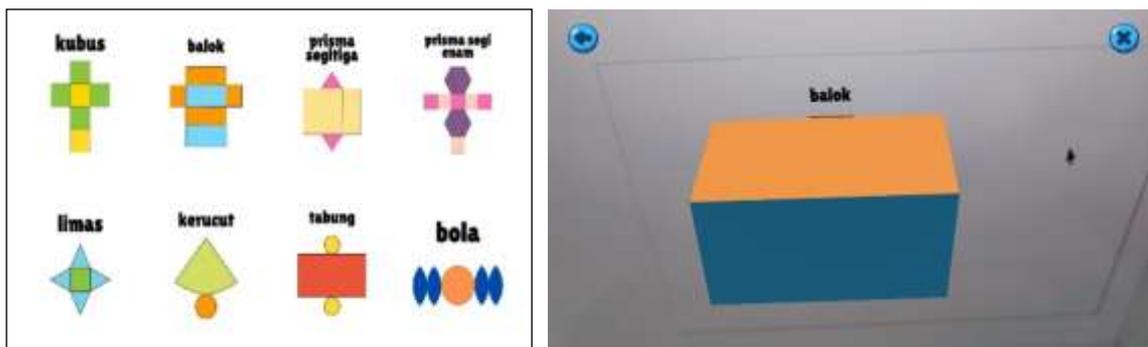


Gambar 3. Tampilan kuis dan respon aplikasi ketika jawaban yang diisikan salah pada aplikasi bangun ruang 3D



Gambar 4. Tampilan nilai akhir ketika selesai menjawab kuis

Pengenalan bangun ruang tidak hanya berhenti pada tampilan visual, tetapi juga dikombinasikan dengan pemindaian marker berbentuk jaring-jaring bangun ruang. Guru diajarkan cara mencetak dan menggunakan marker AR, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 5. Ketika marker ini dipindai menggunakan kamera aplikasi, akan muncul animasi 3D dari bangun ruang yang sesuai. Gambar 5 menampilkan gambar marker AR dan hasil pemindaian dari marker balok yang divisualisasikan secara nyata di layar.



Gambar 5. Marker AR dan hasil animasi bangun ruang 3D

Selanjutnya, materi pelatihan mencakup pengenalan teori dan praktik penggunaan AR sebagai media pembelajaran. Gambar 6 mendokumentasikan kegiatan pemaparan materi oleh narasumber. Penyampaian materi menekankan pentingnya integrasi teknologi dengan pedagogi yang efektif. Hasil wawancara dan observasi menunjukkan bahwa sebagian besar guru belum pernah menggunakan AR sebelumnya, tetapi menyatakan ketertarikan yang tinggi setelah melihat contoh penerapan.



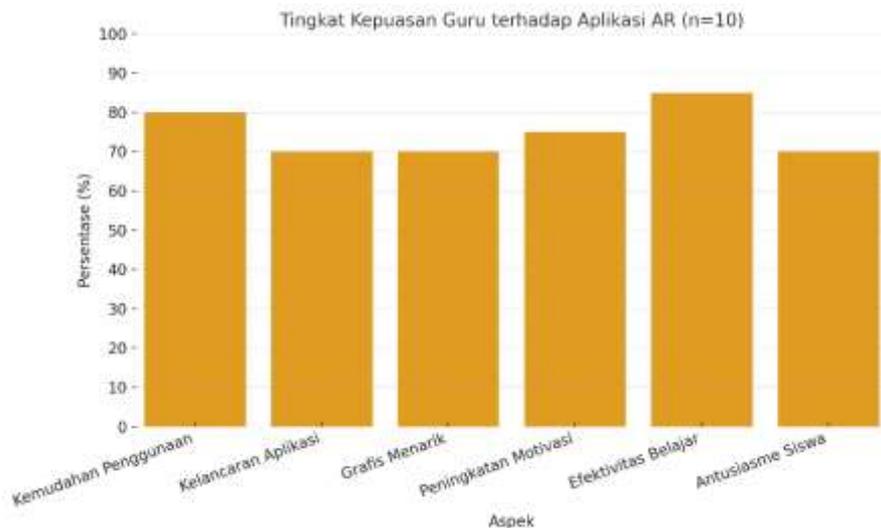
Gambar 6. Pemaparan materi pengenalan Augmented Reality

Pelatihan kemudian dilanjutkan dengan praktik langsung penggunaan aplikasi oleh para guru, sebagaimana terlihat pada Gambar 7. Guru mengoperasikan tablet yang telah terpasang aplikasi *3D Ruangku*, dan mencoba langsung proses pemindaian serta eksplorasi objek bangun ruang bersama siswa. Kegiatan ini memperlihatkan antusiasme yang tinggi karena guru merasa lebih percaya diri dalam mengajarkan konsep spasial secara visual dan interaktif.



Gambar 7. Praktik penggunaan aplikasi 3D Ruangku

Untuk mengevaluasi persepsi guru terhadap penggunaan aplikasi AR ini, dilakukan survei kepuasan. Gambar 8 menunjukkan grafik tingkat kepuasan guru berdasarkan beberapa indikator seperti kemudahan penggunaan, efektivitas penyampaian materi, peningkatan motivasi siswa, dan tampilan grafis aplikasi. Sebanyak 80% guru menyatakan aplikasi ini mudah digunakan, 75% menyatakan mampu meningkatkan motivasi belajar siswa, dan 85% menyebutkan bahwa aplikasi ini membantu memperjelas penyampaian konsep bangun ruang secara signifikan.



Gambar 8. Grafik Tingkat Kepuasan Guru terhadap Aplikasi AR Bangun Ruang 3D

Hasil kualitatif dari kuisiuner mendukung temuan kuantitatif tersebut. Guru merasa terbantu dalam menjelaskan materi kompleks dengan cara yang menyenangkan dan visual. Namun, beberapa guru juga mencatat perlunya peningkatan pada aspek audio, instruksi soal kuis, dan respons aplikasi terhadap koneksi yang lambat. Masukan ini menjadi dasar pengembangan lebih lanjut agar aplikasi dapat lebih adaptif terhadap kebutuhan guru dan siswa.

Temuan ini selaras dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa teknologi AR mampu meningkatkan partisipasi siswa, memberikan pengalaman belajar yang lebih imersif, serta

mendukung pembelajaran berbasis visualisasi spasial (Islim et al., 2024; Tarng et al., 2024). Selain itu, model pelatihan yang menggabungkan pembelajaran teori dan praktik secara langsung (hands-on) terbukti efektif dalam meningkatkan pemahaman guru terhadap inovasi teknologi (Nugraha et al., 2020).

Survei evaluatif menunjukkan bahwa 80% guru menilai aplikasi mudah digunakan, 75% merasa aplikasi mampu meningkatkan motivasi siswa, dan 85% menganggapnya efektif dalam menjelaskan konsep bangun ruang. Respon positif ini menunjukkan bahwa pendekatan visual dan interaktif yang ditawarkan oleh AR mampu menjembatani kesulitan dalam memahami konsep spasial yang abstrak. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian oleh Islim et al. (2024), yang menunjukkan bahwa AR dapat meningkatkan pemahaman konseptual melalui representasi visual dinamis dan keterlibatan aktif.

Selain itu, guru juga mencatat peningkatan partisipasi siswa saat aplikasi digunakan di kelas. Sebanyak 70% menyatakan bahwa siswa terlihat lebih antusias dibandingkan dengan pembelajaran menggunakan gambar statis dalam buku. Hasil ini memperkuat temuan sebelumnya oleh Tarng et al. (2024), yang menyatakan bahwa penggunaan AR dalam pembelajaran matematika mampu meningkatkan fokus dan retensi siswa secara signifikan.

Hasil dari pelaksanaan program pelatihan ini semakin memperkuat bukti empiris tersebut melalui data peningkatan kompetensi guru dan tanggapan positif terhadap aplikasi AR yang dikembangkan. Pelatihan ini berhasil meningkatkan literasi teknologi guru serta membangun kepercayaan diri mereka dalam merancang dan mengimplementasikan media pembelajaran digital secara mandiri. Peningkatan motivasi membuktikan efektivitas pendekatan praktik langsung, sebagaimana juga dinyatakan oleh Nugraha et al. (2020).

Temuan ini juga mempertegas manfaat AR dalam mengubah proses pembelajaran menjadi lebih imersif, kolaboratif, dan menyenangkan. Meta-analisis oleh Islim et al. (2024) menunjukkan bahwa AR dalam pendidikan matematika secara konsisten mampu meningkatkan motivasi, strategi berpikir tingkat tinggi, serta *self-efficacy* siswa. Demikian pula, hasil studi oleh Bulut & Borromeo Ferri (2023) menegaskan bahwa penggunaan AR dapat memfasilitasi interaksi guru-siswa dan memperkuat keterlibatan emosional dalam pembelajaran geometri.

Meskipun hasil yang diperoleh menunjukkan dampak positif, beberapa kendala turut ditemukan. Beberapa guru menyampaikan bahwa kendala teknis seperti keterbatasan koneksi internet, waktu loading lambat, serta kesulitan akses awal dari tautan atau barkot masih menjadi hambatan minor. Selain itu, guru juga menyarankan penambahan instruksi soal yang lebih eksplisit, suara narasi yang menarik, dan fitur visual yang lebih interaktif. Masukan ini menunjukkan bahwa pengalaman pengguna (*user experience*) dalam aplikasi AR menjadi kunci untuk pengembangan lebih lanjut, sebagaimana dijelaskan oleh Rahmat & Noviyanti (2021).

Kegiatan ini juga menegaskan pentingnya pengembangan media pembelajaran yang adaptif terhadap kebutuhan siswa SD, termasuk siswa dengan kebutuhan khusus. Penambahan fitur seperti suara, animasi bergerak, serta kuis interaktif sangat disarankan untuk pengembangan ke depan. Penelitian Rusnandi et al. (2015) sebelumnya telah menekankan pentingnya keterkaitan antara visualisasi tiga dimensi dengan peningkatan pemahaman spasial siswa SD.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini berhasil mewujudkan sinergi antara teknologi dan pedagogi di level sekolah dasar. Guru tidak hanya dilibatkan sebagai pengguna teknologi, tetapi juga sebagai desainer pembelajaran yang inovatif. Hal ini sangat sejalan dengan semangat Merdeka Belajar sebagaimana dijelaskan oleh Wijayanti (2023), di mana guru menjadi aktor utama dalam menciptakan pengalaman belajar yang kontekstual, menyenangkan, dan bermakna.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Unimus tahun anggaran 2024 yang telah memberikan dana pengabdian masyarakat kepada para dosen melalui program Pengabdian Masyarakat Pemula (PMP) sehingga program pengabdian ini dapat terlaksana.



DAFTAR PUSTAKA

- Bulut, M., & Ferri, B. R. (2023). A systematic literature review on augmented reality in mathematics education. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 556–572. <https://doi.org/10.30935/scimath/13124>
- Chang, H. Y. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis. *Computers & Education*, 184, 104641. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>
- Cunha, C. R., Moreira, A., Coelho, S., Mendonça, V., & Gomes, J. P. (2025). Empowering the teaching and learning of geometry in basic education by combining extended reality and machine learning. In *Good Practices and New Perspectives in Information Systems and Technologies* (Lecture Notes in Networks and Systems, Vol. 988, pp. 98–109). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-60224-5_11
- İslim, Ö. F., Namlı, Ş., Çırak, N. S., Özçakır, B., & Lavicza, Z. (2024). Augmented reality in mathematics education: A systematic review. *Participatory Educational Research*, 11(4), 115–139. <https://doi.org/10.17275/per.24.52.11.4>
- Lowrie, T., & Larkin, K. (2020). Experience, represent, apply (ERA): A heuristic for digital engagement in the early years. In K. Makar et al. (Eds.), *Research in Mathematics Education in Australasia 2016-2019* (pp. 197–216). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3619-7_10
- Nugraha, S., Sari, L. K., & Ramdhan, S. (2020). Training on making interactive learning media based on AR for teachers. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2), 115–123.
- Rahmat, R., & Noviyanti, N. (2021). Penerapan augmented reality untuk pembelajaran bangun ruang di sekolah dasar. *Jurnal Teknologi Pendidikan Interaktif*, 7(2), 115–124. <https://doi.org/10.21009/jtppi.072.09>
- Rusnandi, R., Saprudin, E., & Mulyani, S. (2015). Pengembangan media pembelajaran geometri bangun ruang berbasis augmented reality. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 9(1), 55–67. <https://doi.org/10.22342/jpm.v9i1.2025>
- Shaghaghian, Z., Burte, H., Song, D., & Yan, W. (2022). An augmented reality application and user study for understanding and learning spatial transformation matrices. *Virtual Reality*, 28(1), 12. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00904-x>
- Syahputra, F., Sari, L. K., & Ramdhan, S. (2024). Pengembangan aplikasi augmented reality bangun ruang 3D untuk siswa sekolah dasar. *Jurnal Abdi Insani*, 11(4), 2238–2247. <https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v11i4.1820>
- Tarng, W., Huang, J.-K., & Ou, K. (2024). Improving elementary students' geometric understanding via ARMLS system. *Systems*, 12(11), 493. <https://doi.org/10.3390/systems12110493>
- Wijayanti, F. (2023). Program Gajah Keris dalam penerapan Merdeka Belajar di SDN Gajahmungkur 03 Semarang. *Jurnal Literasi Pendidikan*, 5(1), 45–52. <https://doi.org/10.31004/jlp.v5i1.1450>
- Yuliana, S., & Rekan. (2021). The role of digital literacy in enhancing teachers' competence. *Jurnal Pendidikan Indonesia*, 10(1), 32–40.