



Pemberdayaan Guru Kimia Melalui Pelatihan Oculus VR di SMA Negeri 3 Mengwi

Ketut Sepdyana Kartini¹, I Nyoman Tri Anindia Putra², I Nyoman Artika³ I Made Marthana Yusa⁴, I Nyoman Widhi Adnyaan⁵

^{1,3,4,5}Program Studi Informatika, Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia, Denpasar, Indonesia

²Program Studi Sistem Informasi, Universitas Pendidikan Ganesha, Singaraja, Indonesia

Email: ¹sepdyana@instiki.ac.id, ²tri.anindia@undiksha.ac.id, ³nyoman_artika@instiki.ac.id, ⁴made.marthana@instiki.ac.id, ⁵manwidhi@instiki.ac.id

Naskah Masuk April 2026	Naskah Direvisi Mei 2026	Naskah Diterima Mei 2026
-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

Abstrak

Pembelajaran kimia di tingkat sekolah menengah atas menghadapi tantangan serius karena karakteristik materinya yang abstrak, membutuhkan visualisasi mendalam, serta memerlukan dukungan fasilitas praktikum yang memadai. Kondisi tersebut juga ditemukan di SMA Negeri 3 Mengwi, Kabupaten Badung, yang memiliki potensi sumber daya sekolah cukup baik, tetapi belum memanfaatkan teknologi immersive learning secara optimal. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan kapasitas guru kimia dan pengalaman belajar siswa melalui pelatihan penggunaan perangkat Oculus Virtual Reality (VR) sebagai media pembelajaran kimia interaktif. Program telah dilaksanakan melalui tahapan koordinasi awal, pelatihan intensif guru, demonstrasi dan praktik langsung bersama siswa, pendampingan operasional, serta evaluasi kemampuan penggunaan perangkat. Transfer IPTEK difokuskan pada pengenalan fungsi headset, controller, navigasi antarmuka, kalibrasi, troubleshooting dasar, keselamatan penggunaan, dan strategi integrasi VR dalam pembelajaran kimia. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan kemampuan guru pada seluruh indikator, terutama pemahaman fungsi perangkat, kemampuan navigasi dan kalibrasi, troubleshooting dasar, serta kesiapan mengajar dengan VR. Siswa menunjukkan respons positif, antusiasme tinggi, dan adaptabilitas yang baik ketika mencoba simulasi kimia berbasis VR. Kegiatan ini membuktikan bahwa pelatihan Oculus VR dapat menjadi strategi pemberdayaan sekolah dalam membangun pembelajaran kimia yang lebih visual, aman, interaktif, dan relevan dengan perkembangan teknologi pendidikan.

Kata Kunci: Oculus VR; virtual reality; pembelajaran kimia; immersive learning; SMA Negeri 3 Mengwi.

PENDAHULUAN

SMA Negeri 3 Mengwi merupakan salah satu sekolah menengah atas di Kabupaten Badung yang memiliki potensi strategis dalam pengembangan pembelajaran berbasis teknologi. Sekolah ini didukung oleh lebih dari 800 siswa, sekitar 45 guru, serta 10 tenaga administrasi. Secara kelembagaan, SMA Negeri 3 Mengwi memiliki visi untuk membangun generasi yang cerdas,

kreatif, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi, khususnya dalam bidang pendidikan sains. Kondisi fisik sekolah relatif memadai, ditunjukkan oleh ketersediaan ruang kelas, laboratorium kimia standar, akses internet yang cukup stabil, serta dukungan perangkat pembelajaran dasar seperti komputer dan proyektor. Potensi tersebut menjadi modal penting bagi sekolah untuk mengembangkan inovasi pembelajaran yang lebih interaktif dan sesuai dengan kebutuhan generasi digital.

Meskipun memiliki potensi kelembagaan yang baik, pembelajaran kimia di SMA Negeri 3 Mengwi masih menghadapi sejumlah persoalan. Berdasarkan hasil observasi dan diskusi awal bersama mitra, proses pembelajaran kimia masih banyak bergantung pada metode ceramah dan praktikum konvensional. Metode tersebut memang tetap memiliki nilai pedagogis, tetapi belum sepenuhnya mampu menjawab kebutuhan pembelajaran kimia yang menuntut visualisasi konsep abstrak. Materi seperti struktur molekul, ikatan kimia, perubahan partikel, reaksi kimia, dan prosedur laboratorium sering kali sulit dipahami hanya melalui penjelasan verbal atau gambar dua dimensi. Kondisi ini membuat sebagian siswa kurang memperoleh pengalaman belajar yang konkret, eksploratif, dan bermakna (Kartini, Putra, dkk., 2024; Supriono & Rozi, 2018).

Keterbatasan alat laboratorium juga menjadi persoalan yang berpengaruh terhadap kualitas pembelajaran. Tidak semua eksperimen kimia dapat dilaksanakan secara langsung karena keterbatasan jumlah alat, bahan, waktu, dan aspek keselamatan. Praktikum yang melibatkan bahan kimia tertentu memerlukan prosedur ketat agar tidak menimbulkan risiko bagi siswa. Dalam situasi seperti ini, guru membutuhkan media alternatif yang mampu memberikan pengalaman simulatif tanpa menghilangkan makna ilmiah dari proses eksperimen. Teknologi pembelajaran berbasis visual dan interaktif telah terbukti membantu siswa memahami materi abstrak, terutama pada pembelajaran sains yang membutuhkan representasi konseptual secara konkret (Moyaki dkk., 2026; Sunday dkk., 2023).

Perkembangan teknologi immersive learning memberikan peluang baru bagi sekolah untuk mengatasi keterbatasan tersebut. Virtual Reality (VR) merupakan teknologi yang memungkinkan pengguna masuk ke dalam lingkungan digital tiga dimensi melalui perangkat khusus seperti headset,

controller, dan sensor pelacakan gerak. Dalam konteks pembelajaran, VR menghadirkan pengalaman belajar yang imersif, interaktif, dan simulatif (Kusumaningrum dkk., 2025; Mystakidis dkk., 2022). Pengguna tidak hanya melihat objek digital, tetapi juga dapat berinteraksi dengan objek tersebut, mengamati dari berbagai sudut, serta merasakan pengalaman seolah-olah berada di dalam lingkungan virtual. Teknologi serupa, seperti augmented reality dan media interaktif berbasis Android, telah banyak digunakan dalam pembelajaran kimia dan menunjukkan potensi dalam meningkatkan respons, motivasi, serta pemahaman siswa (Garzón, 2021; Pallavicini & Anesa, 2026).

Namun, pemanfaatan VR di sekolah tidak dapat dilakukan hanya dengan menyediakan perangkat. Guru perlu memiliki literasi teknis dan pedagogis agar mampu mengoperasikan perangkat secara aman, mengelola kegiatan pembelajaran, serta menghubungkan pengalaman virtual dengan tujuan pembelajaran kimia (Kartini, Yusa, dkk., 2024; Kartini & Putra, 2020). Ketidaksiapan guru dalam mengoperasikan teknologi baru dapat menjadi hambatan utama dalam implementasi pembelajaran digital. Oleh karena itu, pelatihan perangkat Oculus VR di SMA Negeri 3 Mengwi dipandang sebagai solusi strategis untuk meningkatkan kapasitas guru, memperkenalkan media pembelajaran imersif kepada siswa, dan membuka peluang integrasi VR dalam pembelajaran kimia secara berkelanjutan (Putra dkk., 2020).

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini tidak hanya menempatkan VR sebagai perangkat teknologi, tetapi juga sebagai instrumen pemberdayaan pendidikan. Pemberdayaan dilakukan melalui peningkatan kompetensi guru, pendampingan praktik langsung, penyediaan modul panduan, serta pembentukan guru sebagai trainer internal sekolah. Dengan pendekatan tersebut, sekolah tidak hanya menjadi penerima teknologi, tetapi juga memiliki kapasitas untuk melanjutkan pemanfaatannya secara mandiri setelah program selesai dilaksanakan.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini telah dilaksanakan secara sistematis melalui beberapa tahapan utama, yaitu koordinasi awal, pelatihan intensif guru, demonstrasi dan praktik langsung siswa, pendampingan operasional, serta evaluasi program. Seluruh tahapan dirancang untuk

memastikan bahwa proses transfer IPTEK tidak berhenti pada pengenalan perangkat, tetapi berlanjut pada kemampuan mitra untuk mengintegrasikan Oculus VR ke dalam pembelajaran kimia.

Tahap koordinasi awal dilaksanakan bersama pihak SMA Negeri 3 Mengwi untuk menyepakati jadwal, menentukan peserta, memetakan kebutuhan fasilitas, serta memastikan ruang kegiatan aman digunakan untuk praktik VR. Pada tahap ini, tim pelaksana dan pihak sekolah mendiskusikan kondisi pembelajaran kimia, kesiapan guru, serta kebutuhan teknis seperti ruang praktik, koneksi internet, pengaturan perangkat, dan skenario penggunaan VR. Koordinasi ini penting karena penggunaan headset VR membutuhkan ruang gerak yang cukup, pengawasan langsung, dan prosedur keselamatan yang jelas. Pemaparan materi pengantar dan sosialisasi awal kepada siswa mengenai pemanfaatan teknologi ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sesi pemaparan materi pengantar dan sosialisasi penggunaan teknologi Virtual Reality (VR) dalam pembelajaran kepada siswa.

Tahap berikutnya adalah pelatihan intensif bagi guru kimia. Pelatihan dilakukan secara hands-on agar guru tidak hanya menerima penjelasan konseptual, tetapi juga mengalami langsung proses penggunaan perangkat. Materi pelatihan meliputi pengenalan teknologi Virtual Reality, komponen

Oculus VR, cara menyalakan perangkat, pemasangan headset yang benar, penggunaan controller, navigasi menu, proses kalibrasi, pengaturan area aman, serta troubleshooting dasar. Guru juga dilatih memahami etika dan keselamatan penggunaan VR, termasuk pengaturan durasi penggunaan, pendampingan siswa, danantisipasi ketidaknyamanan seperti pusing atau disorientasi.

Setelah guru memperoleh pemahaman dasar, kegiatan dilanjutkan dengan demonstrasi dan praktik langsung bersama siswa. Pada tahap ini, tim pelaksana bersama guru mendampingi siswa untuk mencoba perangkat Oculus VR secara bergiliran. Siswa diarahkan mengenali fungsi controller, mengatur posisi headset, menyesuaikan fokus pandangan, dan berinteraksi dengan objek virtual. Materi kimia ditampilkan dalam bentuk visualisasi 3D dan simulasi laboratorium virtual untuk memberikan pengalaman awal mengenai potensi VR dalam pembelajaran sains.

Partisipasi mitra tampak dari keterlibatan aktif kepala sekolah, guru, dan siswa selama program berlangsung. Pihak sekolah menyediakan ruang kegiatan, membantu pengaturan peserta, mendampingi proses praktik, serta memberikan umpan balik terhadap kelayakan penggunaan VR di lingkungan sekolah. Evaluasi dilakukan melalui observasi kemampuan guru, pengukuran pre-test dan post-test, serta pengumpulan respons siswa. Keberlanjutan program diperkuat melalui penyediaan modul panduan dan penetapan guru terlatih sebagai trainer internal (Prawiro dkk., 2026; Rangarajan dkk., 2024).

HASIL

Program pelatihan Oculus VR di SMA Negeri 3 Mengwi telah terlaksana dengan capaian yang menunjukkan adanya peningkatan kompetensi guru dan penguatan pengalaman belajar siswa. Secara umum, kegiatan ini berhasil mengubah posisi guru dari pengguna pemula menjadi fasilitator awal yang mampu mengoperasikan perangkat VR secara mandiri. Keberhasilan tersebut terlihat dari kemampuan guru dalam mengenali komponen perangkat, melakukan kalibrasi, mengelola penggunaan controller, memahami antarmuka aplikasi, serta memandu siswa dalam praktik penggunaan VR secara aman.

Transfer IPTEK dalam kegiatan ini dilakukan melalui pendekatan demonstratif dan partisipatif. Pada sesi awal, guru diperkenalkan dengan

prinsip dasar Virtual Reality sebagai teknologi yang menghadirkan lingkungan tiga dimensi melalui immersive display. Fitur ini memungkinkan pengguna melihat lingkungan virtual dalam sudut pandang luas sehingga memberikan sensasi kehadiran atau presence. Dalam pembelajaran kimia, fitur immersive display membantu siswa melihat objek seperti molekul, ruang laboratorium, dan prosedur eksperimen secara lebih konkret. Pengalaman visual ini menjadi penting karena banyak konsep kimia tidak dapat diamati secara langsung oleh mata, sehingga membutuhkan representasi digital yang mampu menjembatani konsep abstrak dengan pengalaman belajar nyata.

Komponen kedua yang ditekankan dalam transfer IPTEK adalah interaktivitas controller. Guru dilatih menggunakan controller untuk memilih menu, mengarahkan pointer, mengambil objek virtual, memutar model, dan menjalankan perintah tertentu dalam aplikasi. Interaktivitas ini membedakan VR dari media pembelajaran visual biasa. Pada media dua dimensi, siswa hanya melihat representasi objek, sedangkan pada VR siswa dapat melakukan eksplorasi aktif. Hal ini sejalan dengan prinsip pembelajaran berbasis pengalaman, yang menekankan bahwa pemahaman akan lebih kuat ketika peserta didik terlibat langsung dalam proses eksplorasi, tindakan, refleksi, dan pemaknaan terhadap pengalaman belajar. Proses pendampingan teknis penggunaan controller agar siswa terbiasa berinteraksi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pendampingan teknis dan pengenalan fungsi controller Oculus VR agar siswa dapat berinteraksi dengan objek virtual.

Aspek ketiga yang menjadi fokus adalah kemampuan VR dalam menghadirkan simulasi praktikum aman. Dalam pembelajaran kimia, tidak semua eksperimen dapat dilakukan secara langsung karena keterbatasan alat, bahan, dan risiko keselamatan. Melalui VR, siswa dapat melihat atau mencoba prosedur laboratorium dalam ruang virtual tanpa risiko paparan bahan berbahaya (Kartini, Yusa, dkk., 2025). Simulasi ini tidak dimaksudkan untuk menggantikan seluruh praktikum fisik, tetapi menjadi pelengkap yang memperluas akses belajar. Dengan VR, guru dapat memperkenalkan prosedur awal, memperkuat pemahaman konseptual, dan membangun kesiapan siswa sebelum melakukan praktikum nyata. Pendekatan ini relevan dengan pembelajaran modern yang menggabungkan pengalaman konkret, visualisasi digital, dan penguatan konsep secara bertahap.

Hasil evaluasi kemampuan guru menunjukkan peningkatan yang signifikan setelah pelatihan. Evaluasi dilakukan pada empat indikator utama, yaitu pemahaman fungsi perangkat, kemampuan navigasi dan kalibrasi, kemampuan troubleshooting dasar, serta kesiapan mengajar dengan VR. Data evaluasi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Kemampuan Guru dalam Penggunaan Oculus VR

No.	Indikator Evaluasi	Pre-Test (%)	Post-Test (%)	Peningkatan (%)
1	Pemahaman fungsi perangkat Oculus VR	42	88	46
2	Kemampuan navigasi dan kalibrasi	35	84	49
3	Kemampuan troubleshooting dasar	28	76	48
4	Kesiapan mengajar dengan VR	38	82	44
	Rata-rata	35,75	82,50	46,75

Berdasarkan Tabel 1, rata-rata kemampuan guru meningkat dari 35,75% pada pre-test menjadi 82,50% pada post-test. Peningkatan sebesar 46,75% menunjukkan bahwa pelatihan berbasis praktik langsung efektif dalam membangun literasi teknis guru terhadap perangkat Oculus VR. Indikator dengan peningkatan tertinggi adalah kemampuan navigasi dan kalibrasi, yaitu dari 35% menjadi 84%. Capaian ini menunjukkan bahwa guru sebelumnya belum terbiasa dengan sistem antarmuka VR, tetapi dapat menguasainya setelah memperoleh demonstrasi, praktik berulang, dan pendampingan langsung. Kemampuan troubleshooting dasar juga meningkat dari 28% menjadi 76%, meskipun tetap menjadi indikator dengan nilai akhir paling rendah. Hal ini wajar karena troubleshooting membutuhkan pengalaman penggunaan yang lebih panjang, terutama dalam mengatasi kendala teknis seperti koneksi controller, pengaturan batas area aman, respons aplikasi, dan penyesuaian perangkat terhadap pengguna yang berbeda (Dutta dkk., 2022; Hidayat dkk., 2025; Putera & Sandiyasa, 2022).

Kesiapan mengajar dengan VR meningkat dari 38% menjadi 82%. Peningkatan ini menjadi temuan penting karena tujuan utama kegiatan bukan hanya membuat guru mampu menggunakan perangkat, tetapi juga mampu membayangkan strategi pedagogis untuk mengintegrasikannya ke dalam pembelajaran kimia. Guru mulai memahami bahwa VR dapat digunakan sebagai kegiatan apersepsi, simulasi awal sebelum praktikum, media visualisasi konsep abstrak, maupun aktivitas eksplorasi kelompok kecil. Dengan demikian, pelatihan ini telah mendorong perubahan persepsi guru dari

sekadar melihat VR sebagai alat teknologi menjadi media pembelajaran yang memiliki nilai instruksional.

Dari sisi siswa, kegiatan praktik langsung menunjukkan respons yang sangat positif. Siswa terlihat antusias ketika mencoba headset VR, terutama karena sebagian besar belum pernah menggunakan perangkat serupa dalam konteks pembelajaran kimia. Antusiasme tampak dari rasa ingin tahu siswa terhadap tampilan visual 3D, cara menggunakan controller, serta pengalaman berada di ruang virtual. Beberapa siswa membutuhkan adaptasi pada tahap awal, terutama dalam menyesuaikan posisi headset dan memahami koordinasi gerakan tangan dengan tampilan virtual. Namun, setelah memperoleh arahan singkat, sebagian besar siswa dapat mengikuti instruksi dengan baik. Antusiasme dan interaksi langsung siswa saat mengeksplorasi laboratorium kimia virtual ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Praktik langsung eksplorasi laboratorium kimia virtual oleh siswa menggunakan Oculus VR yang dipantau melalui layar proyektor.

Tingkat kenyamanan siswa juga menjadi perhatian penting dalam kegiatan ini. Tim pelaksana dan guru mengatur durasi penggunaan secara bergiliran untuk menghindari kelelahan visual dan disorientasi. Penggunaan VR dilakukan dalam sesi pendek, disertai pendampingan langsung. Strategi ini terbukti membantu siswa merasa aman dan nyaman. Siswa yang awalnya ragu

mencoba perangkat menjadi lebih percaya diri setelah melihat teman lain berhasil menggunakannya. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan VR di sekolah perlu dirancang secara bertahap, tidak hanya dari sisi teknis, tetapi juga dari sisi psikologis pengguna.

Secara pedagogis, pengalaman siswa dalam menggunakan VR berkaitan erat dengan pendekatan experiential learning. Siswa tidak hanya menerima informasi dari guru, tetapi mengalami sendiri proses eksplorasi objek digital. Ketika siswa melihat model 3D atau simulasi laboratorium virtual, mereka memperoleh pengalaman belajar yang lebih dekat dengan tindakan nyata. Pengalaman ini dapat memperkuat pemahaman karena siswa menghubungkan informasi visual, gerakan tubuh, dan rasa ingin tahu dalam satu aktivitas belajar. Selain itu, VR juga mendukung inquiry learning karena siswa terdorong untuk bertanya, mengeksplorasi objek, mencoba perintah, dan membandingkan pengalaman virtual dengan konsep yang telah dipelajari di kelas.

Temuan ini selaras dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa media pembelajaran interaktif dapat meningkatkan respons siswa dan memperkaya pengalaman belajar (Kartini, Labasariyani, dkk., 2025; Ningsi dkk., 2026; Rahman & Haque, 2025). Penggunaan teknologi visual seperti augmented reality dalam pembelajaran kimia juga telah dilaporkan membantu penyajian konsep molekul dan materi abstrak secara lebih menarik. Meskipun kegiatan ini berfokus pada VR, prinsip dasarnya memiliki kesamaan dengan media interaktif dan augmented reality, yaitu menghadirkan pengalaman belajar berbasis visualisasi, interaksi, dan eksplorasi. Oleh karena itu, hasil pengabdian ini memperkuat argumentasi bahwa sekolah perlu diarahkan untuk mengadopsi teknologi pembelajaran yang tidak hanya modern, tetapi juga sesuai dengan kebutuhan pedagogis.

Dampak pemberdayaan dari kegiatan ini terlihat pada tiga level. Pertama, pada level guru, terjadi peningkatan kemampuan teknis dan kepercayaan diri dalam menggunakan Oculus VR. Kedua, pada level siswa, muncul pengalaman belajar baru yang lebih interaktif, menyenangkan, dan mendorong rasa ingin tahu terhadap kimia. Ketiga, pada level institusi sekolah, kegiatan ini membuka peluang integrasi VR sebagai media pendukung pembelajaran sains. Modul panduan yang diberikan kepada sekolah menjadi instrumen penting

untuk memastikan keberlanjutan. Guru yang telah mengikuti pelatihan juga dapat berperan sebagai trainer internal sehingga pengetahuan tidak berhenti pada peserta awal, tetapi dapat disebarluaskan kepada guru lain.

Namun, implementasi VR di sekolah tetap memerlukan pengelolaan berkelanjutan. Sekolah perlu menyusun jadwal penggunaan perangkat, menyiapkan prosedur peminjaman, mengatur pemeliharaan perangkat, serta memastikan adanya konten pembelajaran yang relevan dengan kurikulum. Guru juga perlu terus didampingi dalam mengembangkan skenario pembelajaran berbasis VR agar penggunaan teknologi tidak bersifat sesaat. Integrasi VR akan lebih optimal apabila dikombinasikan dengan strategi pembelajaran yang jelas, seperti diskusi kelompok, lembar kerja siswa, refleksi setelah simulasi, dan evaluasi pemahaman konsep.

Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini telah memberikan kontribusi nyata dalam penguatan kapasitas teknologi pendidikan di SMA Negeri 3 Mengwi. Pelatihan Oculus VR bukan hanya memperkenalkan perangkat baru, tetapi juga membangun ekosistem awal pembelajaran kimia yang lebih aman, visual, interaktif, dan adaptif terhadap perkembangan teknologi.

KESIMPULAN

Kegiatan pelatihan Oculus VR di SMA Negeri 3 Mengwi telah efektif meningkatkan kapabilitas guru dalam menggunakan teknologi Virtual Reality sebagai media pembelajaran kimia. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan rata-rata kemampuan guru dari 35,75% pada pre-test menjadi 82,50% pada post-test. Peningkatan ini menunjukkan bahwa pendekatan pelatihan berbasis praktik langsung, demonstrasi, dan pendampingan mampu membangun pemahaman teknis serta kesiapan pedagogis guru. Siswa juga menunjukkan respons positif, antusiasme tinggi, dan adaptabilitas yang baik saat mencoba simulasi VR, sehingga pembelajaran kimia menjadi lebih interaktif dan menarik.

Keberlanjutan program disarankan dilakukan melalui penetapan guru kimia terlatih sebagai trainer internal sekolah. Sekolah juga perlu menyusun prosedur penggunaan perangkat, jadwal pemanfaatan, serta integrasi VR ke dalam rencana pembelajaran. Pengabdian berikutnya dapat diarahkan pada pengembangan konten VR kimia yang lebih spesifik, evaluasi dampak terhadap hasil belajar, serta perluasan implementasi pada sekolah lain.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pelaksana menyampaikan terima kasih kepada Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia (INSTIKI) selaku penyelenggara skema INSTIKI Community Service (ICS) yang telah memberikan dukungan terhadap pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada SMA Negeri 3 Mengwi, khususnya Kepala Sekolah Ni Luh Putu Agustinawati, S.Si., M.P., atas kerja sama, dukungan fasilitas, dan partisipasi aktif selama kegiatan berlangsung.

REFERENSI

- Dutta, R., Mantri, A., & Singh, G. (2022). Evaluating system usability of mobile augmented reality application for teaching Karnaugh-Maps. *Smart Learning Environments*, 9(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00189-8>
- Garzón, J. (2021). An Overview of Twenty-Five Years of Augmented Reality in Education. *Multimodal Technologies and Interaction*, 5(7), 37. <https://doi.org/10.3390/mti5070037>
- Hidayat, A., Nugroho, A., Nurfa'izin, S., & Riyantomo, A. (2025). *Usability testing on e-learning using the system usability scale (SUS)*. 050020. <https://doi.org/10.1063/5.0240561>
- Kartini, K. S., Labasariyani, N. L. P., Abenk, M. I. S., & Putra, I. N. T. A. (2025). Analisis Perbandingan Efektivitas Augmented Reality Marker-Based dan Markerless pada Media Pembelajaran Struktur Tumbuhan. *Digital Transformation Technology*, 5(1), 301–309. <https://doi.org/10.47709/digitech.v5i1.6343>
- Kartini, K. S., & Putra, I. N. T. A. (2020). Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Terhadap Hasil Belajar Siswa. *JURNAL REDOKS: JURNAL PENDIDIKAN KIMIA DAN ILMU KIMIA*, 3(2), 8–12. <https://doi.org/10.33627/re.v3i2.417>
- Kartini, K. S., Putra, I. N. T. A., Yusa, I. M. M., & Adnyana, I. N. W. (2024). Tridatu Responsive Inquiry Adaptive Navigation to Enhance Acid-Base Titration Understanding in Bali Schools. *Jurnal Edutech Undiksha*, 12(2), 281–290. <https://doi.org/10.23887/jeu.v12i2.88273>

- Kartini, K. S., Yusa, I. M. M., Adnyana, I. N. W., & Putra, I. N. T. A. (2024). Impact of augmented reality on high school students' motivation and understanding of acid-base titration concepts. *Edelweiss Applied Science and Technology*, 8(6), 7559–7569. <https://doi.org/10.55214/25768484.v8i6.3638>
- Kartini, K. S., Yusa, I. M. M., Adnyana, I. N. W., & Putra, I. N. T. A. (2025). Usability Evaluation of Virtual Reality Metaverse Lab Using Usability Testing With the User-Centered Design Approach. *International Journal of Engineering, Science and Information Technology*, 5(4). <https://doi.org/10.52088/ijesty.v5i4.1497>
- Kusumaningrum, B. D., Hayat, M. S., & Sumarno. (2025). The Future of Science Learning: Meta-Analysis of the Effectiveness of Augmented Reality in Enhancing Critical Thinking. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(5), 1055–1062. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i5.11071>
- Moyaki, D., Hunsu, N., May, D., Paul, A., Irukulla, P., & Gomillion, C. (2026). Usability Evaluation of Virtual Reality Laboratories in Biomedical Engineering Education. *Biomedical Engineering Education*. <https://doi.org/10.1007/s43683-025-00210-9>
- Mystakidis, S., Christopoulos, A., & Pellas, N. (2022). A systematic mapping review of augmented reality applications to support STEM learning in higher education. *Education and Information Technologies*, 27(2), 1883–1927. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10682-1>
- Ningsi, S., Danial, M., Aryani, F., & Husain, H. (2026). Systematic Literature Review on the Development of Augmented Reality-Based Learning Materials to Enhance Students' Critical Thinking Skills in Senior High School Education. *International Journal of Learning Reformation in Elementary Education*, 05(01). <https://doi.org/10.56741/IISTR.ijlree.001678>
- Pallavicini, F., & Anesa, P. (2026). A Narrative Review on Augmented Reality in Education. *Education Sciences*, 16(2), 261. <https://doi.org/10.3390/educsci16020261>
- Prawiro, S., Senapartha, I. K. D., & Nendya, M. B. (2026). Evaluasi Usability Virtual Classroom Multi-user Menggunakan Metode GUESS. *Jurnal*

- Terapan Teknologi Informasi*, 10(1), 19–28.
<https://doi.org/10.21460/jutei.2026.101.450>
- Putera, W. A., & Sandiyasa, I. G. E. (2022). *Evaluation of The E-Learning System Usability Using The System Usability Scale (SUS)*.
- Putra, I. N. T. A., Kartini, K. S., & Widiyaningsih, N. N. (2020). Implementasi Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Mobile Pada Materi Hidrokarbon. *Jurnal Pendidikan Kimia Indonesia*.
<https://doi.org/https://doi.org/10.23887/jpk.v4i2.28536>
- Rahman, A., & Haque, M. R. (2025). The Role of Augmented Reality in Interactive Mobile Learning Current Trends and Future Directions. *Journal Mobile Technologies (JMS)*, 3(1), 18–30.
<https://doi.org/10.59431/jms.v3i1.541>
- Rangarajan, V., Shahbaz Badr, A., & De Amicis, R. (2024). Evaluating Virtual Reality in Education: An Analysis of VR through the Instructors' Lens. *Multimodal Technologies and Interaction*, 8(8), 72.
<https://doi.org/10.3390/mti8080072>
- Sunday, K., Oyelere, S. S., Agbo, F. J., Aliyu, M. B., Balogun, O. S., & Bouali, N. (2023). Usability Evaluation of Imikode Virtual Reality Game to Facilitate Learning of Object-Oriented Programming. *Technology, Knowledge and Learning*, 28(4), 1871–1902.
<https://doi.org/10.1007/s10758-022-09634-6>
- Supriono, N., & Rozi, F. (2018). Pengembangan Media Pembelajaran Bentuk Molekul Kimia Menggunakan Augmented Reality Berbasis Android. *JIPi (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, 3(1).
<https://doi.org/10.29100/jipi.v3i1.652>