

EFEKTIVITAS *AUGMENTED REALITY* DAN *VIRTUAL REALITY* PADA PENDIDIKAN KEJURUAN: *SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*

Muhammad Yasser Arafat^{1*}, Hakkun Elmunsyah², Bastian Rikardo Parhusip³

¹Fakultas Teknik, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

²Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Indonesia

³Fakultas Teknik, Universitas Negeri Manado, Indonesia

*E-mail: muhammadyasser@ung.ac.id

Abstrak: Tujuan penelitian ini adalah menganalisis efektivitas penggunaan *Augmented Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR) pada pendidikan kejuruan. Studi ini menjawab kebutuhan akan pemahaman komprehensif mengenai dampak teknologi immersif terhadap peningkatan kualitas pembelajaran di berbagai bidang kejuruan. Metodologi penelitian yang diterapkan adalah *Systematic Literature Review* terhadap 40 artikel, yang terdiri dari 16 desain *quasi-experimental*, 13 *randomized controlled trials*, 7 *mixed methods*, 3 *observational studies*, dan 1 *case study*. Dari artikel yang diteliti, 23 studi menggunakan teknologi VR, 12 studi menggunakan AR, dan 5 studi menggunakan kombinasi keduanya. Konteks pendidikan yang dianalisis meliputi berbagai bidang, dengan keperawatan menjadi bidang yang paling banyak diteliti yaitu 6 studi. Temuan utama menunjukkan efektivitas yang signifikan pada berbagai aspek pembelajaran. Dalam pelatihan bedah ortopedi, ditemukan rasio efektivitas transfer sebesar 0,79. Pada pelatihan keselamatan konstruksi, akurasi identifikasi bahaya mencapai 78,3% menggunakan VR, berbanding 18,5% dengan metode tradisional. Tingkat keterlibatan siswa juga menunjukkan hasil yang positif, 100% siswa terjadi peningkatan minat belajar, dan 92% siswa dilaporkan tingkat kepercayaan diri yang baik dalam kelompok pelatihan VR. Penelitian ini memberikan kontribusi signifikan bagi bidang pendidikan dengan menyajikan bukti empiris terkait efektivitas AR dan VR dalam pembelajaran kejuruan. Studi ini juga mengidentifikasi faktor-faktor keberhasilan implementasi, termasuk pentingnya integrasi teknologi ini dengan strategi pedagogis yang tepat, serta potensinya dalam meningkatkan aksesibilitas pendidikan. Meskipun terdapat tantangan seperti biaya awal yang tinggi dan masalah teknis, hasil penelitian menunjukkan bahwa AR dan VR merupakan media pembelajaran yang efektif untuk peningkatan kualitas pendidikan kejuruan, terutama dalam pembelajaran keterampilan yang kompleks dan berisiko tinggi.

Kata Kunci: *Augmented Reality*, Pendidikan Kejuruan, *Virtual Reality*

Abstract: The purpose of this study is to analyse the effectiveness of using *Augmented Reality* (AR) and *Virtual Reality* (VR) in vocational education. This study addresses the need for a comprehensive understanding of the impact of immersive technology on improving the quality of learning in various vocational fields. The research methodology applied was a *Systematic Literature Review* of 40 articles, consisting of 16 *quasi-experimental designs*, 13 *randomised controlled trials*, 7 *mixed methods*, 3 *observational studies*, and 1 *case study*. Of the articles studied, 23 studies used VR technology, 12 studies used AR, and 5 studies used a combination of both. The educational contexts analysed covered various fields, with nursing being the most studied field with 6 studies. The main findings show significant effectiveness in various aspects of learning. In orthopaedic surgery training, a transfer effectiveness ratio of 0.79 was found. In construction safety training, hazard identification accuracy reached 78.3% using VR, compared to 18.5% with traditional methods. Student engagement levels also showed positive results, with 100% of students reporting an increase in interest in learning, and 92% of students reporting good confidence levels in the VR training group. This study makes a significant contribution to the field of education by presenting empirical evidence regarding the effectiveness of AR and VR in vocational learning. The study also identified factors for successful implementation, including the importance of integrating this technology with appropriate pedagogical strategies, as well as its potential to improve educational accessibility. Despite challenges such as high initial costs and technical issues, the results of the study show that AR and VR are effective learning media for improving the quality of vocational education, especially in learning complex and high-risk skills.

Keywords: *Augmented Reality*, Vocational Education, *Virtual Reality*

PENDAHULUAN

Pendidikan kejuruan memiliki peran penting dalam mempersiapkan tenaga kerja yang terampil sesuai tuntutan industri. Seiring dengan kemajuan teknologi, *Augmented Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR) semakin diperhatikan karena kemampuan mereka dalam mengubah cara

pembelajaran, terutama dalam pendidikan kejuruan. Kedua teknologi ini menawarkan pengalaman belajar yang lebih mendalam dan interaktif. Hal ini memungkinkan siswa untuk melakukan simulasi nyata secara aman tanpa risiko. Berbagai penelitian telah mengonfirmasi bahwa penerapan AR dan VR dalam pendidikan efektif meningkatkan keterlibatan siswa serta pemahaman materi yang mendalam. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Cheng et al. (2021) mengungkapkan bahwa AR dan VR menghadirkan pengalaman belajar yang lebih menarik dan berdampak dibandingkan metode tradisional. Sejalan dengan penelitian Zhang et al. (2020) yang mengungkap bahwa VR mempermudah siswa memvisualisasikan dan menguasai keterampilan praktis. Dalam konteks pendidikan kejuruan, penelitian Huang et al. (2020) mengungkap bahwa peran teknologi VR dalam menyediakan lingkungan latihan yang aman. Hal ini mampu mengurangi risiko kesalahan sekaligus membangun kepercayaan diri siswa.

Penerapan AR dan VR dalam pendidikan kejuruan tidak hanya mendorong peningkatan keterampilan teknis, tetapi juga memberikan manfaat dalam meningkatkan motivasi siswa. Menurut Huang et al. (2021), penggunaan AR dalam pembelajaran juga memudahkan siswa untuk lebih mudah mengerti materi pembelajaran yang abstrak dengan cara yang lebih visual dan kontekstual. Selain itu, VR menghadirkan pengalaman belajar yang lebih mendalam dengan membawa siswa dalam simulasi yang menyerupai situasi nyata (Manninen et al., 2021). Studi Lee et al. (2022) membuktikan bahwa siswa yang menggunakan VR dalam pelatihan teknis, seperti mekanik atau medis, menunjukkan hasil pembelajaran yang lebih baik, dengan peningkatan keterampilan praktis yang signifikan. Teknologi ini juga memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengulang pelatihan sesuai kebutuhan mereka tanpa batasan waktu atau sumber daya. Namun, tantangan besar tetap ada, yaitu biaya tinggi perangkat keras dan kesiapan pendidik dalam mengintegrasikan teknologi ini ke dalam pembelajaran (Bae et al., 2021).

Penerapan AR dan VR dalam pendidikan kejuruan menghadapi sejumlah tantangan. Salah satunya adalah tingginya biaya perangkat keras yang diperlukan untuk mengimplementasikan kedua teknologi tersebut secara luas. Studi Lee et al. (2020) mengungkap bahwa meskipun AR dan VR memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas pendidikan, namun hambatan utama adalah perangkat keras dan perangkat lunak memiliki biaya tinggi, terutama di negara berkembang. Hal ini juga diperkuat oleh penelitian Kim et al. (2021), yang mencatat bahwa meskipun banyak lembaga pendidikan tertarik untuk menerapkan teknologi ini, mereka menghadapi kesulitan dalam menyediakan perangkat yang dibutuhkan karena keterbatasan anggaran. Selain itu, kesiapan pengajar dalam menggunakan teknologi baru ini juga menjadi tantangan. Menurut penelitian Wang et al. (2021), meskipun pengajar dapat memperoleh manfaat dari teknologi ini, mereka sering merasa kurang terlatih dalam memanfaatkan AR dan VR secara optimal dalam kelas. Oleh karena itu, bimbingan teknis untuk pendidik menjadi faktor penting dalam meningkatkan efektivitas pemanfaatan teknologi ini dalam pendidikan kejuruan.

Walaupun tantangan teknis dan finansial masih ada, potensi AR dan VR dalam pendidikan kejuruan tidak bisa diabaikan. Penelitian terbaru oleh Zhang et al. (2021) mengungkapkan bahwa AR dan VR memiliki dampak positif terhadap peningkatan keterampilan praktis dan penguasaan materi di berbagai bidang kejuruan, seperti teknik, kedokteran, dan manufaktur. Teknologi ini memberikan kesempatan kepada siswa untuk merasakan langsung proses yang biasanya hanya dipelajari secara teori atau observasi. Lebih lanjut, studi Yu et al. (2022) menunjukkan penggunaan AR dan VR juga mendorong peningkatan pengalaman belajar siswa lebih dinamis dan interaktif. Olehnya itu, penelitian ini bertujuan untuk menyusun tinjauan literatur sistematis yang mengeksplorasi efektivitas AR dan VR dalam pendidikan kejuruan, mengidentifikasi manfaat, tantangan, dan potensi pengembangan teknologi ini untuk meningkatkan kualitas pendidikan kejuruan di masa depan.

Berdasarkan jabaran di atas dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut: RQ1 = Bagaimana efektivitas *Augmented Reality* (AR) pada pendidikan kejuruan? RQ2 = Bagaimana efektivitas *Virtual Reality* (VR) pada pendidikan kejuruan? Dan RQ3 = Bagaimana efektivitas *Augmented Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR) secara bersama pada pendidikan kejuruan?

METODE

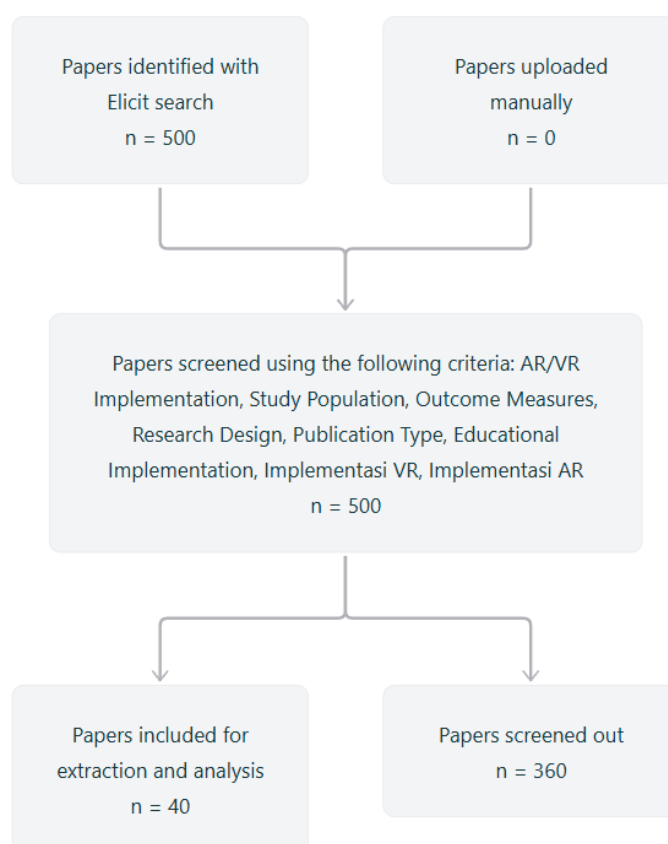
Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk menganalisis Efektivitas penggunaan AR dan VR pada Pendidikan Kejuruan. Penelitian ini terdiri dari tiga bagian yaitu: strategi pencarian data, kriteria inklusi dan eksklusi, dan prosedur pencarian. Pertanyaan

penelitian dirumuskan menggunakan PICO (*population, intervention, control* dan *outcome*) sebagai berikut: P (*population*): pendidikan kejuruan, I (*intervention*): Pemanfaatan *Augmentd Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR), C (*comparison/control*): Pendidikan kejuruan yang tanpa menggunakan *Augmentd Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR), O (*outcome*): Efektivitas pembelajaran pada Pendidikan Kejuruan.

Strategi pencarian dalam penelitian ini menggunakan aplikasi Elicit yang melibatkan pengumpulan artikel relevan dari basis data elektronik Scopus. Hal ini untuk memastikan cakupan yang komprehensif. Pencarian dilakukan dengan menggunakan pertanyaan kunci “Bagaimana Efektivitas AR dan VR dalam Pendidikan Kejuruan?”. Pencarian ini difokuskan pada artikel yang diterbitkan antara tahun 2020 dan 2025 untuk memastikan relevansi dan kekinian data yang dikumpulkan.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: (1) artikel yang membahas efektivitas AR dan VR dalam Pendidikan Kejuruan, (2) artikel yang terbit berbahasa Inggris, (3) artikel yang diterbitkan dalam jurnal atau prosiding konferensi yang terindeks di Scopus, (4) populasi penelitian adalah peserta didik/pendidik pada pendidikan kejuruan (5) artikel yang diterbitkan antara tahun 2020 dan 2025. Artikel-artikel yang tidak memenuhi kriteria ini dikeluarkan melalui proses seleksi, dengan pengecualian berikut: (1) artikel yang tidak membahas efektivitas AR dan VR dalam Pendidikan Kejuruan, (2) artikel yang merupakan tinjauan pustaka, makalah teoritis, atau yang tidak menyediakan teks lengkap, dan (3) artikel yang memerlukan langganan atau tidak dapat diakses secara terbuka.

Prosedur pencarian data menggunakan Elicit untuk mengidentifikasi artikel-artikel yang relevan berdasarkan kalimat tanya bagaimana efektivitas AR dan VR dalam Pendidikan Kejuruan? Artikel-artikel yang ditemukan melalui pencarian di Scopus, kemudian difilter berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusif. Proses ini menghasilkan 40 artikel dari 500 artikel yang disaring dari data base Scopus. Selanjutnya artikel tersebut di analisis untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian.



Gambar 1. Diagram Penyaringan Data

HASIL DAN DISKUSI

Data yang telah terkumpul dan disaring sebanyak 40 artikel pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. 40 Artikel Terindeks Scopus yang Telah Melalui Proses Penyaringan

Penulis	Temuan Utama
Lohre et al., 2020	VR menunjukkan peningkatan signifikan dalam pengetahuan dan metrik prosedural, dengan rasio efektivitas transfer 0,79. VR dapat menggantikan 47,4 menit pelatihan setara di ruang operasi nyata
Huri et al., 2021	Simulator VR sama efektifnya dengan kadaver dalam pelatihan, dengan waktu penyelesaian tugas lebih cepat dan komplikasi lebih sedikit. Namun, terdapat tantangan biaya setup awal yang tinggi
Yoo et al., 2024	AR efektif dalam mempromosikan pembelajaran mandiri dan praktik langsung, dengan peningkatan akuisisi keterampilan. Tantangan termasuk kesulitan dalam beradaptasi dengan teknologi baru
Liao et al., 2023	Integrasi VR menunjukkan efektivitas pembelajaran yang lebih baik dibandingkan metode didaktik tradisional
Kobayashi et al., 2022	AR secara signifikan meningkatkan keterampilan komunikasi interaktif dan empati dibandingkan metode konvensional
Lee, 2022	VRS lebih efektif daripada simulator lengan IV dalam meningkatkan pengetahuan dan kompetensi praktik klinis
Srinivasa et al., 2020	VR menunjukkan hasil positif dibandingkan aktivitas mesin fisik, dengan skor lebih tinggi dan peningkatan lebih besar
Liebermann et al., 2021	VR tidak secara signifikan meningkatkan hasil tes secara keseluruhan, namun skor tes gigi anterior lebih baik
Lee et al., 2022	Sistem VR/metaverse menunjukkan skor lebih tinggi pada tes pengetahuan dibandingkan pelatihan video
Badriyah et al., 2023	Keterampilan berpikir kritis dapat ditingkatkan lebih efektif dengan menggunakan AR dibandingkan metode tradisional
Reymus et al., 2020	VR dan CBCT lebih efektif daripada radiografi dalam mendeteksi fitur anatomis
Win et al., 2022	AR tanpa penanda 37% lebih baik, VR 23% lebih baik, AR berbasis penanda 3% lebih baik dibandingkan metode berbasis video
Anggrawan et al., 2023	Pembelajaran mandiri berbasis AR lebih efektif daripada pembelajaran tatap muka tradisional
Kuhn et al., 2021	AR/VR meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan sikap dengan pengalaman pembelajaran yang memperluas wawasan
Huang et al., 2020	Skor tes akhir siswa secara signifikan lebih tinggi daripada skor tengah semester
Sulistyanto et al., 2024	Keterampilan berpikir kritis lebih efektif ditingkatkan dengan menggunakan media pembelajaran berbasis AR
Verner et al., 2022	Pengalaman AR/VR berharga dalam pendidikan robotika modern namun tidak dapat sepenuhnya menggantikan praktik dengan robot nyata
Kuncoro et al., 2023	Aplikasi berbasis VR menunjukkan peningkatan signifikan dalam skor rata-rata dibandingkan pendidikan tradisional
Miyusov et al., 2022	VR meningkatkan kinerja pembelajaran sebesar 25,93% dibandingkan metode kelas tradisional
Gasteiger et al., 2023	Peningkatan signifikan dalam skor teknik kebersihan tangan, namun menghadapi tantangan dukungan manajerial dan infrastruktur
Shringi et al., 2022	Headset VR secara signifikan meningkatkan akurasi identifikasi bahaya hingga 78,3% dibandingkan 18,5% dengan tampilan layar datar
Bakhos et al., 2020	92% siswa dalam kelompok pelatihan VR melaporkan peringkat kepercayaan diri 'baik', dibandingkan 71% dalam pelatihan tradisional
Arikan dan Özgür, 2020	AR berkontribusi pada pembelajaran yang lebih cepat dan aktif, meningkatkan motivasi dan pemahaman konsep abstrak
Siah et al., 2022	207 mahasiswa keperawatan yang akan ditempatkan di ruang operasi menyelesaikan evaluasi. Lebih dari 90% dari mereka menunjukkan "netral" ke atas dalam hal kemanjuran, sikap, dan tingkat kepercayaan diri dengan nilai α Cronbach melebihi 0,90.
Liu et al., 2022	Untuk tugas tingkat tunggal, metode tradisional lebih efektif daripada AR dan

Motejlek dan Alpay, 2023	VR. Untuk tugas multi-level, AR lebih efektif daripada VR VR sama efektifnya dengan metode tradisional dalam hal retensi data dan self-efficacy siswa
Kamal et al., 2022	Kelompok eksperimen mendapat skor lebih baik dalam post-quiz, meski perbedaannya tidak signifikan secara statistik
Lee et al., 2023	Meningkatkan kompetensi klasifikasi keparahan, kepercayaan kinerja, dan kemampuan pengambilan keputusan klinis
Masiello et al., 2022	Pelatihan VR memiliki hasil kinerja yang serupa dengan pelatihan tradisional, namun ada masalah stabilitas dan mabuk gerak
Marshall et al., 2024	VR lebih efektif daripada pelatihan video tradisional dalam meningkatkan retensi kognitif dan keterampilan praktis
Zhong dan Zhou, 2024	Sistem VR mengatasi masalah ketidakpastian bahaya, biaya pengajaran tinggi, dan kendala spasial
Kaewrat et al., 2024	Aplikasi AR lebih efektif daripada metode tradisional dalam mendorong hasil pembelajaran
Kim et al., 2024	Pendidikan CPR berbasis VR sama efektifnya dengan pelatihan BLS tatap muka untuk mahasiswa keperawatan
Triyanto et al., 2024	VCR 360° secara signifikan meningkatkan kepatuhan terhadap tindakan pencegahan standar dibandingkan metode tradisional
Beltrán dan Huertas, 2023	AR secara signifikan meningkatkan pengetahuan dan kompetensi teknis dalam pertukangan di kalangan masyarakat adat
Alsalleeh et al., 2024	93% siswa melaporkan pemahaman yang lebih baik tentang anatomi saluran akar dengan AR dibandingkan metode tradisional
Edwards et al., 2021	Pelatihan VR mengurangi waktu operasi sebesar 47%, prompt bantuan sebesar 75%, dan gerakan tangan dominan sebesar 28%
Aziz et al., 2020	Aplikasi AR meningkatkan pemahaman peserta dibandingkan metode tradisional
Le et al., 2024	100% siswa melaporkan peningkatan minat belajar, dengan 77,2% menganggap kuliah berbasis VR menarik dan hidup

Karakteristik Data

Sebanyak 40 artikel yang telah melewati penyaringan menunjukkan beragam jenis studi yang dilakukan. Desain kuasi-eksperimental mendominasi dengan 16 penelitian, diikuti oleh uji coba terkendali acak eksperimental yang tercatat dalam 13 studi. Pendekatan metode campuran digunakan dalam 7 studi, sedangkan studi observasional dan studi kasus masing-masing muncul dalam 3 dan 1 studi.

Terkait teknologi yang digunakan, VR muncul sebagai teknologi yang paling sering diterapkan, digunakan dalam 23 studi. Di sisi lain, AR diterapkan dalam 11 penelitian, dan 5 penelitian lainnya memanfaatkan kombinasi antara VR dan AR. Konteks pendidikan yang paling banyak dijumpai adalah perawatan, yang menjadi fokus dalam 6 studi. Bedah ortopedi dan kedokteran gigi masing-masing menjadi konteks dalam 3 penelitian, sementara mekanika mobil dan sistem mesin mobil diteliti dalam 2 studi. Sebanyak 27 konteks pendidikan lainnya masing-masing diwakili oleh satu penelitian.

Analisis juga mencatat ukuran sampel yang dilaporkan dalam 30 penelitian, sementara 9 penelitian tidak menyebutkan ukuran sampel secara eksplisit. Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan tren yang jelas menunjukkan desain eksperimental dan kuasi-eksperimental dalam penelitian pendidikan yang melibatkan teknologi VR dan AR, dengan kecenderungan kuat untuk menggunakan teknologi Realitas Virtual. Beragamnya konteks pendidikan yang diteliti menunjukkan eksplorasi yang luas terhadap penerapan teknologi ini, terutama dalam bidang perawatan dan medis.

Analisis Tematik

Akuisisi Keterampilan dan Kinerja

Studi yang kami analisis menunjukkan bahwa teknologi AR dan VR dapat berdampak positif terhadap perolehan keterampilan dan kinerja dalam berbagai bidang pendidikan kejuruan. Beberapa temuan utama dalam penelitian ini meliputi peningkatan kinerja, retensi pengetahuan, efisiensi, kesadaran keselamatan, serta pengambilan keputusan klinis. Sebagai contoh, Lohre et al. (2020) menemukan adanya peningkatan signifikan dalam pengetahuan dan metrik prosedural untuk keterampilan bedah ortopedi, dengan rasio efektivitas transfer sebesar 0,79. Selain itu, Lee et al.

(2022) melaporkan adanya skor yang lebih tinggi pada tes pengetahuan untuk perawatan pesawat, dan Marshall et al. (2024) menemukan bahwa 87% kelompok VR memperoleh skor lebih dari 80% setelah tiga bulan dalam keterampilan kedokteran nuklir. Efisiensi dalam penyelesaian tugas juga mengalami peningkatan, di mana Edwards et al. (2021) melaporkan pengurangan waktu operasi untuk praktisi bedah ortopedi. Dalam konteks keselamatan, Shringi et al. (2022) menemukan peningkatan akurasi identifikasi bahaya dalam pelatihan keselamatan konstruksi, dengan akurasi 78,3% menggunakan VR dibandingkan dengan hanya 18,5% pada tampilan layar datar. Terakhir, Lee et al. (2023) melaporkan peningkatan kemampuan pengambilan keputusan klinis dalam keperawatan gawat darurat berkat penggunaan VR.

Namun demikian, tidak semua penelitian menunjukkan perbaikan yang signifikan. Liebermann et al. (2021) tidak menemukan peningkatan keseluruhan yang signifikan dalam pengenalan anatomi gigi, meskipun ada peningkatan pada jenis gigi tertentu. Selain itu, Motejlek dan Alpay (2023) melaporkan bahwa retensi data dalam pelatihan operasi pabrik kimia menggunakan VR tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan metode tradisional. Variabilitas hasil ini menunjukkan bahwa efektivitas AR dan VR mungkin bergantung pada sejumlah faktor, seperti keterampilan khusus yang diajarkan, desain intervensi AR dan VR, serta integrasinya dengan strategi pendidikan yang lebih luas.

Keterlibatan dan Pengalaman Belajar Peserta Didik

Penerapan teknologi AR dan VR pada pendidikan kejuruan telah membawa dampak yang signifikan terhadap keterlibatan peserta didik serta pengalaman belajar secara keseluruhan di berbagai bidang. Salah satu aspek utama yang tercatat adalah peningkatan motivasi dan minat siswa terhadap pembelajaran. Le et al. (2024) melaporkan bahwa 100% siswa yang terlibat dalam pembelajaran berbasis VR mengungkapkan peningkatan minat, dengan 77,2% menyatakan bahwa kuliah berbasis VR menarik. Selain itu, Arian dan Özgür (2020) mengamati adanya perubahan signifikan dalam sikap siswa terhadap aplikasi AR, yang menunjukkan daya tarik positif terhadap teknologi ini dalam konteks pendidikan.

Selain itu, AR dan VR juga memberikan peningkatan dalam interaktivitas dan imersi dalam proses belajar. Shringi et al. (2022) melaporkan bahwa penggunaan headset VR meningkatkan tingkat imersi dan realisme dalam pelatihan keselamatan konstruksi, memberikan pengalaman yang lebih mendalam bagi siswa. Miyusov et al. (2022) juga mencatat bahwa sistem VR dengan tingkat perendaman tinggi membantu mengatasi tantangan dalam pelatihan konvensional untuk pendidikan maritim, memperkaya pengalaman belajar dengan simulasi yang lebih nyata dan interaktif.

Teknologi AR dan VR juga berkontribusi pada peningkatan kepercayaan diri dan efikasi diri siswa. Siah et al. (2022) mengamati bahwa mahasiswa keperawatan yang menggunakan VR untuk pelatihan perioperatif menunjukkan peningkatan kepercayaan diri dan kemandirian dalam melakukan tugas mereka. Bakhos et al. (2020) juga menemukan bahwa 92% siswa dalam kelompok pelatihan VR melaporkan tingkat kepercayaan diri yang tinggi, dibandingkan dengan 71% pada kelompok pelatihan tradisional, yang menandakan bahwa teknologi ini membantu siswa untuk dapat lebih siap dan percaya diri dalam menjalani profesinya.

Lebih lanjut, pembelajaran berbasis AR dan VR memberikan kemudahan pada proses pembelajaran, memungkinkan siswa untuk belajar sesuai dengan kecepatan mereka masing-masing. Yoo et al. (2024) menyoroti bagaimana AR memfasilitasi pembelajaran mandiri dalam pendidikan keperawatan ICU, sementara Liebermann et al. (2021) mengemukakan bahwa pembelajaran berbasis VR dalam pendidikan kedokteran gigi memberikan sifat fleksibel dan independen yang sangat dihargai oleh siswa. Hal ini memungkinkan siswa untuk menyesuaikan proses belajar dengan kebutuhan dan preferensi pribadi mereka, menciptakan pengalaman belajar yang lebih terpersonalisasi.

Selain itu, AR dan VR menyediakan lingkungan yang aman untuk berlatih, yang sangat penting dalam pendidikan yang melibatkan keterampilan praktis dan berisiko tinggi. Edwards et al. (2021) mencatat bahwa VR menciptakan lingkungan yang aman bagi praktisi bedah ortopedi untuk melatih keterampilan mereka tanpa risiko terhadap pasien. Huri et al. (2021) juga menyoroti manfaat latihan bebas risiko dalam pelatihan artroskopi bahu menggunakan VR, yang memungkinkan siswa berlatih teknik yang kompleks tanpa takut melakukan kesalahan yang dapat membahayakan.

Penggunaan teknologi ini juga meningkatkan visualisasi dan pemahaman materi pelajaran.

Reymus et al. (2020) menemukan bahwa VR secara signifikan meningkatkan pemahaman anatomi saluran akar dalam pendidikan kedokteran gigi, sementara Alsalleeh et al. (2024) mengamati bahwa 93% mahasiswa melaporkan pemahaman yang lebih baik tentang anatomi saluran akar melalui AR dibandingkan dengan metode pembelajaran tradisional. Teknologi ini memungkinkan visualisasi yang lebih jelas dan mendalam, yang sangat penting dalam memahami konsep-konsep yang sulit dijelaskan hanya dengan teori.

Namun, meskipun manfaat yang signifikan, beberapa tantangan dalam keterlibatan siswa masih perlu diatasi. Yoo et al. (2024) mencatat bahwa kesulitan dalam beradaptasi dengan teknologi baru dapat menjadi hambatan dalam penerimaan AR dan VR di kalangan siswa, terkhusus untuk siswa yang kurang terbiasa menggunakan teknologi. Masiello et al. (2022) melaporkan masalah mabuk perjalanan yang dialami beberapa peserta saat menggunakan VR untuk pelatihan pembangkit listrik tenaga nuklir, yang dapat mengganggu kenyamanan dan efektivitas pengalaman belajar. Kamal et al. (2022) juga mencatat penurunan antusiasme akibat pembelajaran daring dan masalah teknis yang timbul dalam penggunaan teknologi AR, yang menunjukkan pentingnya memastikan kualitas teknologi dan dukungan teknis yang memadai untuk mendukung implementasi yang sukses.

Efektivitas *Augmented Reality* (AR) pada Pendidikan Kejuruan

AR telah menunjukkan efektivitas yang signifikan dalam pendidikan kejuruan, terbukti dari sejumlah hasil penelitian yang menggambarkan peningkatan dalam berbagai aspek pembelajaran, kinerja, serta implementasi dan aksesibilitas. Sebagai contoh, dalam pembelajaran anatomi saluran akar gigi, 93% siswa melaporkan pemahaman yang lebih baik ketika menggunakan AR dibandingkan dengan metode tradisional (Alsalleeh et al., 2024). Selain itu, AR juga terbukti meningkatkan pembelajaran mandiri dalam pendidikan keperawatan ICU (Yoo et al., 2024), serta memberikan dampak positif pada sikap belajar siswa dalam desain sirkuit logika (Arikan and Özgür, 2020). Lebih lanjut, AR telah diterapkan secara sukses untuk memberikan pelatihan kejuruan kepada komunitas dengan sumber daya terbatas, memungkinkan pembelajaran yang lebih fleksibel dan mandiri (Beltrán and Huertas, 2023; Yoo et al., 2024).

Namun, meskipun AR menawarkan berbagai manfaat, tantangan implementasi tetap ada. Beberapa kendala teknis, seperti masalah konektivitas dan bug pada perangkat, menjadi hambatan (Kamal et al., 2022). Selain itu, biaya awal yang tinggi untuk pengembangan konten berkualitas menjadi perhatian (Arikan and Özgür, 2020), dan sebagian peserta juga mengalami kesulitan dalam beradaptasi dengan teknologi baru (Yoo et al., 2024). Meskipun demikian, AR telah berhasil diterapkan dalam berbagai bidang pendidikan kejuruan, termasuk dalam pendidikan kedokteran gigi (Alsalleeh et al., 2024), keperawatan (Yoo et al., 2024), keselamatan dan kesehatan kerja (Kamal et al., 2022), desain sirkuit elektronik (Arikan and Özgür, 2020), dan pertukangan (Beltrán and Huertas, 2023). Secara keseluruhan, meskipun terdapat tantangan dalam penerapannya, bukti yang ada menunjukkan bahwa AR dapat menjadi media pembelajaran yang sangat efektif pada pendidikan kejuruan, terutama untuk tugas-tugas yang memerlukan visualisasi yang kompleks dan praktik langsung, asalkan diintegrasikan dengan pendekatan pedagogis yang tepat.

Efektivitas *Virtual Reality* (VR) pada Pendidikan Kejuruan

Efektivitas VR dalam pendidikan kejuruan telah menunjukkan hasil yang signifikan dalam berbagai aspek, seperti peningkatan pembelajaran, kinerja, keterlibatan, dan pengalaman belajar. Berdasarkan sejumlah penelitian, penggunaan VR dalam pelatihan bedah ortopedi telah menunjukkan rasio efektivitas transfer sebesar 0,79 (Lohre et al., 2020). Selain itu, 87% peserta mencapai skor di atas 80% setelah tiga bulan mengikuti pelatihan keterampilan kedokteran (Marshall et al., 2024). Dalam konteks pelatihan keselamatan konstruksi, VR meningkatkan akurasi identifikasi bahaya hingga 78,3%, jauh melebihi 18,5% yang dicapai dengan metode tradisional (Shringi et al., 2022).

Dari sisi keterlibatan dan pengalaman belajar, 100% siswa yang menggunakan VR melaporkan adanya peningkatan minat dalam belajar, dengan 77,2% di antaranya menganggap kuliah berbasis VR menarik (Le et al., 2024). Lebih lanjut, 92% siswa dalam kelompok pelatihan VR menyatakan tingkat kepercayaan diri yang tinggi, dibandingkan dengan hanya 71% siswa dalam pelatihan tradisional (Bakhos et al., 2020). Penggunaan VR juga terbukti meningkatkan efikasi dan rasa percaya diri di kalangan mahasiswa keperawatan (Siah et al., 2022). Di samping itu, implementasi VR dalam pendidikan kejuruan memiliki sejumlah keunggulan, seperti menyediakan lingkungan pembelajaran yang aman untuk keterampilan berisiko tinggi (Edwards et al., 2021),

memungkinkan praktik berulang tanpa perlu konsumsi sumber daya tambahan (Bakhos et al., 2020), serta memberikan pengalaman pelatihan yang terstandarisasi (Miyusov et al., 2022).

Namun demikian, penggunaan VR juga menghadapi beberapa tantangan. Salah satunya adalah biaya setup awal yang relatif tinggi (Huri et al., 2021), serta masalah motion sickness yang dapat dialami oleh sebagian peserta (Masiello et al., 2022). Selain itu, pengembangan konten berkualitas tinggi untuk VR masih memerlukan perhatian khusus (Kim et al., 2024). Meskipun demikian, penerapan VR telah terbukti berhasil dalam berbagai bidang pendidikan kejuruan, termasuk pendidikan keperawatan, bedah ortopedi, keselamatan konstruksi, operasi pembangkit listrik tenaga nuklir, pendidikan maritim, dan pelatihan CPR. Meskipun beberapa studi, seperti yang dilakukan oleh Liebermann et al. (2021), tidak menunjukkan peningkatan signifikan dalam pengenalan anatomi gigi, mayoritas bukti yang ada mendukung efektivitas VR dalam pendidikan kejuruan, terutama dalam pelatihan tugas-tugas kompleks dan berisiko tinggi. Keberhasilan implementasi VR sangat bergantung pada desain intervensi yang tepat dan integrasinya dengan strategi pendidikan yang lebih luas.

Efektivitas *Augmented Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR) pada Pendidikan Kejuruan

Analisis kami tentang efektivitas implementasi AR dan VR pada pendidikan kejuruan mengungkapkan beberapa tema utama yang mencerminkan potensi serta tantangan dari teknologi ini. Pertama, dalam hal metode integrasi, AR dan VR ditemukan sebagai alat pelengkap yang dapat meningkatkan pengajaran tradisional dengan memberikan pengalaman belajar yang lebih imersif dan interaktif. Teknologi ini juga berfungsi sebagai alternatif untuk metode konvensional, memungkinkan pendekatan pembelajaran campuran yang menggabungkan keunggulan pembelajaran tatap muka dan online. Selain itu, AR dan VR memberikan solusi mandiri untuk pembelajaran jarak jauh, memberikan kesempatan kepada siswa untuk mengakses materi pelajaran secara fleksibel tanpa tergantung pada lokasi fisik.

Dalam hal faktor-faktor keberhasilan, hasil analisis menunjukkan bahwa realistiknya pengalaman yang diberikan oleh AR dan VR serta tingkat pencelupan yang tinggi menjadi kunci penting dalam efektivitasnya. Teknologi ini memberikan kesempatan bagi siswa untuk berlatih berulang-ulang, sebuah elemen penting dalam pembelajaran keterampilan praktis. Umpan balik langsung yang diperoleh dari simulasi dalam AR dan VR memungkinkan perbaikan keterampilan secara real-time, sementara lingkungan belajar yang aman memberikan ruang bagi siswa untuk mengasah keterampilan berisiko tinggi tanpa khawatir akan konsekuensi yang dapat timbul di dunia nyata. Fleksibilitas dan personalisasi pembelajaran juga menjadi faktor yang mendukung efektivitas implementasi AR dan VR, karena memberikan kesempatan kepada siswa untuk belajar sesuai dengan ritme kecepatan belajar dan cara yang sesuai dengan kebutuhan belajar mereka.

Namun, tantangan juga muncul dalam implementasi teknologi ini. Biaya pengaturan awal yang tinggi sering menjadi hambatan utama, mengingat kebutuhan akan perangkat keras dan perangkat lunak khusus yang memadai. Selain itu, masalah teknis dan stabilitas sistem juga sering kali mengganggu pengalaman belajar, dengan beberapa pengguna mengalami kesulitan dalam mengadaptasi teknologi baru ini. Pengembangan konten yang berkualitas tinggi juga menjadi kebutuhan penting untuk memastikan bahwa materi yang disajikan relevan dan mendalam. Tantangan lain yang perlu diperhatikan adalah potensi cybersickness yang dapat timbul saat menggunakan VR, yang berpotensi mengganggu kenyamanan pengguna.

Efektivitas komparatif AR dan VR dibandingkan dengan metode pembelajaran tradisional menunjukkan hasil yang menjanjikan. Miyusov et al. (2022) melaporkan peningkatan kinerja pembelajaran sebesar 25,93% pada bidang operasi maritim ketika menggunakan teknologi ini. Marshall et al. (2024) juga menemukan bahwa VR lebih efektif dibandingkan dengan pelatihan video tradisional dalam konteks pendidikan kedokteran. Sementara itu, Liu et al. (2022) mencatat bahwa metode pembelajaran tradisional lebih unggul untuk tugas-tugas yang lebih sederhana atau satu level, sedangkan AR dan VR terbukti lebih efektif untuk tugas-tugas yang lebih kompleks dan multi-level. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun AR dan VR menawarkan banyak keuntungan, efektivitasnya bergantung pada jenis tugas yang diajarkan dan konteks penggunaannya.

SIMPULAN

Teknologi AR dan VR dalam pendidikan kejuruan, memberikan dampak yang signifikan dalam peningkatan pembelajaran dan keterampilan di berbagai bidang. Untuk AR, teknologi ini

terbukti meningkatkan pemahaman siswa dalam mata pelajaran yang memerlukan visualisasi kompleks, seperti anatomi dan desain sirkuit logika, serta memberikan solusi pembelajaran mandiri yang fleksibel untuk komunitas dengan sumber daya terbatas. Namun, implementasi AR menghadapi tantangan berupa biaya pengembangan konten yang tinggi dan masalah teknis, seperti konektivitas dan bug perangkat.

Sedangkan untuk VR, hasil penelitian mengungkapkan bahwa teknologi ini sangat efektif untuk meningkatkan keterlibatan dan kinerja siswa, terutama dalam pelatihan yang melibatkan keterampilan berisiko tinggi seperti bedah ortopedi dan keselamatan konstruksi. VR juga mendukung peningkatan kepercayaan diri dan kemampuan pengambilan keputusan siswa dalam konteks keperawatan dan medis. Meskipun demikian, VR juga dihadapkan pada tantangan terkait biaya awal yang tinggi dan potensi masalah teknis, seperti motion sickness yang dapat mengganggu kenyamanan pengguna.

Secara keseluruhan, Teknologi AR dan VR memiliki efektivitas yang baik dalam pendidikan kejuruan. Teknologi ini mendukung pembelajaran kejuruan yang didalamnya terdapat pelatihan serta melibatkan keterampilan praktis dan tugas-tugas yang kompleks. Keberhasilan implementasi kedua teknologi ini sangat bergantung pada desain intervensi yang tepat, integrasi dengan strategi pedagogis yang sesuai, serta pengembangan konten yang berkualitas tinggi. Namun terdapat beberapa tantangan penggunaan teknologi ini dalam pembelajaran seperti fasilitas untuk menjalankan teknologi ini termasuk mahal, produksi media pembelajaran berbasis AR dan VR masih kurang.

DAFTAR RUJUKAN

- Anggrawan, A., C. S., D. S., & Satria, C. (2023). Developing Augmented Reality Learning and Measuring Its Effect on Independent Learning Compared to Traditional Learning. *TEM Journal*, 975–987. <https://doi.org/10.18421/tem122-44>
- Alsalleeh, F., Okazaki, K., Alkahtany, S., Alrwais, F., Bendahmash, M., & Al Sadhan, R. (2024). Augmented Reality Improved Knowledge and Efficiency of Root Canal Anatomy Learning: A Comparative Study. *Applied Sciences*, 14(15), 6813. <https://doi.org/10.3390/app14156813>
- Arkan, F., & Özgür, H. (2020). The Design and Implementation of an Educational Augmented Reality Application for Logical Circuit Design. *Shanlax International Journal of Education*, 9(1), 33–50. <https://doi.org/10.34293/education.v9i1.3393>
- Aziz, F. A., Alsaeed, A. S. M. A., Sulaiman, S., Mohd Ariffin, M. K. A., & Al-Hakim, M. F. (2020). Mixed Reality Improves Education and Training in Assembly Processes. *Journal of Engineering and Technological Sciences*, 52(4), 598. <https://doi.org/10.5614/j.eng.technol.sci.2020.52.4.10>
- Bakhos, D., Galvin, J., Aoustin, J.-M., Robier, M., Kerneis, S., Bechet, G., Montembault, N., Laurent, S., Godey, B., & Aussedat, C. (2020). Training outcomes for audiology students using virtual reality or traditional training methods. *PLOS ONE*, 15(12), e0243380. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243380>
- Beltrán, G., & Huertas, A. P. (2023). Augmented Reality for the Development of Skilled Trades in Indigenous Communities: A Case Study. *Electronic Journal of E-Learning*. <https://doi.org/10.34190/ejel.21.6.3044>
- Edwards, T. C., Patel, A., Szyszka, B., Coombs, A. W., Kucheria, R., Cobb, J. P., & Logishetty, K. (2021). 1393 The Impact of Using A Virtual Reality Surgical Curriculum to Train Scrub Practitioners in Complex Orthopaedic Surgery. *British Journal of Surgery*, 108(Supplement_6). <https://doi.org/10.1093/bjs/znab259.837>
- Gasteiger, N., van der Veer, S. N., Wilson, P., & Dowding, D. (2023). Virtual reality and augmented reality smartphone applications for upskilling care home workers in hand hygiene: a realist multi-site feasibility, usability, acceptability, and efficacy study. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 31(1), 45–60. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocad200>
- Huang, C.-Y., Lou, S.-J., Cheng, Y.-M., & Chung, C.-C. (2020). Research on Teaching a Welding Implementation Course Assisted by Sustainable Virtual Reality Technology. *Sustainability*, 12(23), 10044. <https://doi.org/10.3390/su122310044>

- Huri, G., Gülşen, M. R., Karmış, E. B., & Karagüven, D. (2021). Cadaver versus simulator based arthroscopic training in shoulder surgery. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 51(3), 1179–1190. <https://doi.org/10.3906/sag-2011-71>
- Kaewrat, C., Anopas, D., Aung, S. T., & Punsawad, Y. (2024). Application of Augmented Reality Technology for Chest ECG Electrode Placement Practice. *Informatics*, 11(1), 5. <https://doi.org/10.3390/informatics11010005>
- Kamal, A. A., Junaini, S. N., & Hashim, A. H. (2022). Evaluating the Effectiveness and Usability of AR-based OSH Application: HazHunt. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(5). <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2022.0130513>
- Kim, J., Song, J.-H., & Ha, Y.-O. (2024). Effects of Virtual Reality Cardiopulmonary Resuscitation Practice on the Knowledge, Skills, and Attitudes of Nursing Students: A single-blind randomized controlled trial (RCT). *Research in Community and Public Health Nursing*, 35, 415. <https://doi.org/10.12799/rcphn.2024.00689>
- Kobayashi, M., Iwamoto, M., Une, S., Kurazume, R., Nakazawa, A., & Honda, M. (2022). The Effect of Communication Skills Training For Nursing Students By Augmented Reality Simulation System. *Innovation in Aging*, 6(Supplement_1), 440–440. <https://doi.org/10.1093/geroni/igac059.1725>
- Kuhn, S., Huettl, F., Deutsch, K., Kirchgässner, E., Huber, T., & Kneist, W. (2021). Chirurgische Ausbildung im digitalen Zeitalter – Virtual Reality, Augmented Reality und Robotik im Medizinstudium. *Zentralblatt für Chirurgie - Zeitschrift für Allgemeine, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie*, 146(01), 37–43. <https://doi.org/10.1055/a-1265-7259>
- Kuncoro, T., Ichwanto, M. A., & Muhammad, D. F. (2023). VR-Based Learning Media of Earthquake-Resistant Construction for Civil Engineering Students. *Sustainability*, 15(5), 4282. <https://doi.org/10.3390/su15054282>
- Lee, H., Woo, D., & Yu, S. (2022). Virtual Reality Metaverse System Supplementing Remote Education Methods: Based on Aircraft Maintenance Simulation. *Applied Sciences*, 12(5), 2667. <https://doi.org/10.3390/app12052667>
- Lee, J. S. (2022). Implementation and Evaluation of a Virtual Reality Simulation: Intravenous Injection Training System. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(9), 5439. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095439>
- Le, H. T., Dang, T.-V., & Nguyen, T.-T. (2024). A VR-based Industrial Robot Platform for Interactive Teaching Specialized Courses of Mechatronic Engineering. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 23(4), 234–251. <https://doi.org/10.26803/ijlter.23.4.13>
- Liao, C.-W., Liao, H.-K., Chen, B.-S., Tseng, Y.-J., Liao, Y.-H., Wang, I.-C., Ho, W.-S., & Ko, Y.-Y. (2023). Inquiry Practice Capability and Students' Learning Effectiveness Evaluation in Strategies of Integrating Virtual Reality into Vehicle Body Electrical System Comprehensive Maintenance and Repair Services Practice: A Case Study. *Electronics*, 12(12), 2576. <https://doi.org/10.3390/electronics12122576>
- Liebermann, A., Seefelder, J. K., Huth, K. C., & Erdelt, K. (2022). Mobile virtual tooth morphology teaching environment for preclinical dental students. *Journal of Dental Education*, 87(1), 130–138. <https://doi.org/10.1002/jdd.13098>
- Liu, X.-W., Li, C.-Y., Dang, S., Wang, W., Qu, J., Chen, T., & Wang, Q.-L. (2022). Research on Training Effectiveness of Professional Maintenance Personnel Based on Virtual Reality and Augmented Reality Technology. *Sustainability*, 14(21), 14351. <https://doi.org/10.3390/su142114351>
- Lohre, R., Bois, A. J., Pollock, J. W., Lapner, P., McIlquham, K., Athwal, G. S., & Goel, D. P. (2020). Effectiveness of Immersive Virtual Reality on Orthopedic Surgical Skills and Knowledge Acquisition Among Senior Surgical Residents. *JAMA Network Open*, 3(12), e2031217. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2020.31217>
- Marshall, S. K., Sirieak, N., Karnkorn, P., Keawtong, V., Hayeeabdunromae, A., Noomad, N., Durawee, W., & Cheewakul, J. (2024). Nuclear Medicine Radiological Hot Laboratory Simulation: A Mixed-Method Intervention Study on Immersive Virtual Reality for Sustainable Education. *Applied Sciences*, 14(12), 5041. <https://doi.org/10.3390/app14125041>

- Masiello, I., Herault, R., Mansfeld, M., & Skogqvist, M. (2022). Simulation-Based VR Training for the Nuclear Sector a Pilot Study. *Sustainability*, 14(13), 7984. <https://doi.org/10.3390/su14137984>
- Miyusov, M. V., Nikolaieva, L. L., & Smolets, V. V. (2022). Future Perspectives of Immersive Learning in Maritime Education and Training. *Transactions on Maritime Science*, 11(2). <https://doi.org/10.7225/toms.v11.n02.014>
- Motejlek, J., & Alpay, E. (2023). The retention of information in virtual reality base engineering simulations. *European Journal of Engineering Education*, 48(5), 929–948. <https://doi.org/10.1080/03043797.2022.2160968>
- Reymus, M., Liebermann, A., & Diegritz, C. (2020). Virtual reality: an effective tool for teaching root canal anatomy to undergraduate dental students – a preliminary study. *International Endodontic Journal*, 53(11), 1581–1587. <https://doi.org/10.1111/iej.13380>
- Shringi, A., Arashpour, M., Golafshani, E. M., Dwyer, T., & Kalutara, P. (2023). Enhancing Safety Training Performance Using Extended Reality: A Hybrid Delphi–AHP Multi-Attribute Analysis in a Type-2 Fuzzy Environment. *Buildings*, 13(3), 625. <https://doi.org/10.3390/buildings13030625>
- Siah, R. C. J., Xu, P., Teh, C. L., & Kow, A. W. C. (2022). Evaluation of nursing students' efficacy, attitude, and confidence level in a perioperative setting using virtual-reality simulation. *Nursing Forum*, 57(6), 1249–1257. <https://doi.org/10.1111/nuf.12783>
- Srinivasa, A. R., Jha, R., Ozkan, T., & Wang, Z. (2020). Virtual reality and its role in improving student knowledge, self-efficacy, and attitude in the materials testing laboratory. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 49(4), 382–409. <https://doi.org/10.1177/0306419019898824>
- Triyanto, E., Kusumawardani, L. H., Jauhar, M., Rasdiyanah, R., Rohana, I. G. A. P. D., & Rachmawati, U. (2024). Effect of Virtual Reality in 360 degrees Video to Improve Standard Precautions Compliance amongst Nursing Students. *Jurnal Keperawatan Soedirman*, 19(2), 108. <https://doi.org/10.20884/1.jks.2024.19.2.9843>
- Verner, I., Cuperman, D., Perez-Villalobos, H., Polishuk, A., & Gamer, S. (2022). Augmented and Virtual Reality Experiences for Learning Robotics and Training Integrative Thinking Skills. *Robotics*, 11(5), 90. <https://doi.org/10.3390/robotics11050090>
- Win, L. L., Abdul Aziz, F., Hairuddin, A. A., Abdullah, L. N., Yap, H. J., Saito, H., & Seyajah, N. (2022). Effectiveness On Training Method Using Virtual Reality and Augmented Reality Applications In Automobile Engine Assembly. *ASEAN Engineering Journal*, 12(4), 83–88. <https://doi.org/10.11113/aej.v12.18009>
- Yoo, S., Heo, S., Song, S., Park, A., Cho, H., Kim, Y., Cha, W. C., Kim, K., & Son, M. H. (2024). Adoption of Augmented Reality in Educational Programs for Nurses in Intensive Care Units of Tertiary Academic Hospitals: Mixed Methods Study. *JMIR Serious Games*, 12, e54188. <https://doi.org/10.2196/54188>
- Zhong, M., & Zhou, Y. (2024). Virtual-reality system for elevator maintenance education: Design, implementation and evaluation. *Engineering Reports*, 6(6). <https://doi.org/10.1002/eng2.12873>