

Konsep Pembelajaran STEAM di Masa Depan Menuju Ruang Pembelajaran 'Mixed Reality'

Firdha Razak ^{1*}, Herman Alimuddin ² Asriana Abdullah, ³

^{1, 2} STKIP Andi Matappa, Indoensia

³ Universitas Andi Djemma Palopo, Indonesia

* asrianaabdullah07@gmail.com

Abstrak

Teknologi digital kini semakin terintegrasi dan menjadi bagian dari masyarakat modern. Ketika hal ini mulai terjadi, teknologi termasuk augmented reality, virtual reality, pencetakan 3D, dan perangkat seluler yang disediakan pengguna (secara kolektif disebut sebagai realitas campuran) sering disebut-sebut sebagai kemungkinan akan menjadi bagian dari ruang kelas dan lingkungan belajar. Di bidang disiplin pendidikan STEAM, para ahli diharapkan menjadi yang terdepan dalam bidang teknologi dan bagaimana teknologi tersebut dapat diterapkan di kelas mereka. Hal ini sangat penting karena semakin banyak pendidik yang dikelilingi oleh pembelajar baru yang berharap untuk terlibat dalam kegiatan eksperimental yang partisipatif, interaktif, kaya akan sensorik, dan memberikan peluang lebih besar bagi masukan dan kreativitas siswa. Artikel ini akan mengeksplorasi perspektif pelajar dan akademis tentang studi kasus realitas campuran dalam desain spasial 3d (multimedia dan arsitektur), ilmu paramedis dan teknologi informasi, melalui penggunaan data yang ada serta wawancara tatap muka tambahan seputar penggunaan campuran. kenyataan di kelas. Hasilnya menunjukkan bahwa realitas campuran dapat memberikan manfaat keterlibatan, pemikiran kritis, dan pemecahan masalah bagi siswa sejalan dengan pembelajar generasi baru ini, namun juga menunjukkan bahwa lebih banyak pekerjaan yang perlu dilakukan untuk menyempurnakan solusi realitas campuran untuk kelas.

Kata Kunci: Ruang Pembelajaran, Mixed Reality, STEAM,

Pendahuluan

Teknologi digital semakin menjadi bagian dari kehidupan kita sehari-hari dengan teknologi baru dan inovatif yang diperlukan untuk memecahkan kompleksitas masalah yang semakin meningkat (Alimuddin et al, 2023). Selain itu, peneliti sebelumnya berpendapat bahwa siswa berharap untuk terlibat dengan lingkungan mereka, dengan aktivitas eksperimental yang partisipatif, interaktif, kaya sensorik (baik fisik atau virtual) dan peluang untuk mendapatkan masukan (Anggraeni et al, 2023). Mereka dicirikan lebih berorientasi pada media visual dibandingkan generasi sebelumnya, lebih memilih belajar secara visual dengan melakukan daripada mendengarkan atau membaca. Hal ini mengakibatkan pergeseran dari perkuliahan dan tutorial tatap muka yang tradisional menjadi pengajaran mandiri dan pengajaran serta pembelajaran yang ditingkatkan teknologi melalui berbagai cara dan metode penyampaian.

Dengan mempertimbangkan perubahan ini, disarankan bahwa penggunaan visualisasi dalam pengajaran di kelas adalah cara utama untuk meningkatkan pembelajaran, keterampilan dan hasil, khususnya dalam disiplin ilmu yang mendukung pengembangan keterampilan praktis.

<https://doi.org/10.54065/pelita.3.2.2023.385>

Untuk meningkatkan konseptualisasi, manipulasi, penerapan, retensi pengetahuan dan keterampilan siswa, visualisasi di kelas harus mengikuti desain pembelajaran tertentu. Visualisasi ini harus memperkuat persepsi pelajar, melibatkan motivasi mereka, memanfaatkan pengetahuan sebelumnya, menghindari beban kerja memori melalui tujuan pembelajaran tertentu, menyediakan berbagai modalitas presentasi, menggerakkan pelajar dari pembelajaran yang dangkal ke pembelajaran yang lebih dalam, dan memberikan kesempatan kepada pelajar untuk menerapkan dan membangun model mental mereka sendiri. Asumsi mendasar dari visualisasi dan penggunaannya di kelas adalah: bahwa tidak ada satu teknologi pun yang menawarkan solusi terbaik bagi siswa untuk memahami konsep-konsep tertentu representasi ganda harus memanfaatkan perbedaan antar representasi dan siswa belajar melalui berbagai pendekatan (Anita et al, 2023). Sains, Teknologi, Teknik & Matematika (STEM), juga disebut sebagai STEAM dengan penyertaan Seni tampaknya merupakan garda depan yang sangat baik untuk visualisasi dan perubahan teknologi ini. Materi pelajaran STEAM, sering kali cocok untuk presentasi 3d (visual dan fisik) karena mendapat manfaat dari pengamatan bahwa beberapa mode keterlibatan 3d dapat memperkuat dan sinergis dalam pedagogi pengajaran. Hal ini sangat penting karena sering kali diakui bahwa pembelajaran siswa di lingkungan seperti ini bisa jadi sulit (Ayu et al, 2022).

Dengan pemikiran ini, visualisasi teknologi telah dimanfaatkan dalam berbagai cara di kelas STEAM. Penggunaan dunia virtual di kelas STEM sebagai cara untuk mendorong kreativitas dan inovasi, dengan menekankan pada Seni. Pendekatan serupa, melaporkan penggunaan realitas virtual di kelas, membawa siswa keluar ruangan dan memasuki lingkungan virtual, di mana lukisan dan konstruksi dapat digunakan untuk mengilustrasikan konsep STEM. Mengambil pendekatan yang lebih fisik, Penggunaan pencetakan 3d di kelas, khususnya dengan siswa sekolah menengah, dengan siswa didorong untuk membuat model desain mereka dan mencetaknya pada printer 3d. Demikian, membahas penggunaan robotika di kelas K-12 untuk mengajarkan konsep STEM dan mendorong kreativitas. penggunaan animasi gerak lambat di kelas STEAM sebagai cara bagi siswa untuk memahami langkah-langkah suatu konsep dan menciptakannya kembali. Terakhir, Penggunaan visualisasi yang dikombinasikan dengan kognisi yang terkandung sebagai mekanisme untuk meningkatkan pengajaran di kelas STEAM, terutama yang berkaitan dengan visualisasi dinamis. Namun, bahkan dengan contoh-contoh visualisasi ini, sebagian besar pekerjaan sebelumnya dalam penggunaan visualisasi di dalam kelas telah dibentuk berdasarkan kata-kata penjelasan dan gambar 2d dengan kurang memperhatikan lingkungan pembelajaran keterampilan kompleks yang menggunakan teknik inovatif seperti visualisasi interaktif, permainan dan simulasi (Arief et al, 2012).

Untuk membantu inovasi ini, teknologi seperti pencetakan 3D (3DP), Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR) dan Mobile Bring Your Own Devices (BYOD) kini tersedia untuk digunakan secara komersial sehingga dapat diintegrasikan ke dalam ruang kelas (Mustaqim, 2016). Mixed reality (MR), sebuah rangkaian dari teknologi inovatif ini, memberikan kerangka kerja untuk memposisikan dunia nyata dan dunia maya, sehingga menghasilkan pengembangan paradigma, alat, teknik, dan instrumentasi baru yang memungkinkan visualisasi pada tingkat yang berbeda dan berbeda. beberapa skala (Umri et al, 2023). Mereka juga memungkinkan

perancangan dan penerapan pedagogi realitas campuran komparatif di berbagai disiplin ilmu (Mubarak, 2019). Laporan Horizon Pendidikan Tinggi NMC 2017 dan Laporan Outlook Teknologi untuk Pendidikan Tersier Australia 2016 secara khusus menyoroti studi kasus yang menggunakan teknologi ini sebagai teknologi pendidikan utama dan pendorong keterlibatan pelajar. Teknologi AR dan VR telah ada sejak lama, namun penerapannya dalam dunia pendidikan terhambat oleh biaya, keahlian, dan kemampuan. Peluang penyerapan pendidikan kini berubah dengan adanya gelombang teknologi VR 3d yang imersif dan berbiaya rendah baru-baru ini oleh vendor seperti Oculus Rift (www.oculusvr.com/) dan BYOD Mobile VR oleh Google melalui Cardboard (vr.google.com/kardus/). Ada juga platform perangkat lunak visualisasi 3d yang kuat dan interaktif, seperti Unity3d (unity3d.com/), dan plugin AR terintegrasi, seperti Vuforia oleh PTC (www.vuforia.com). Namun, meskipun teknologi terbaru dalam AR/VR dapat membantu pembelajaran visual dan spasial, masih terdapat kekurangan fisik, umpan balik haptik yang diperoleh melalui manipulasi media fisik, karena kurangnya fisik yang ada di sekitar objek digital yang disajikan (Mutiah et al, 2019).

Dalam domain ini, pencetakan 3D menawarkan cara untuk menjembatani kesenjangan antara dunia maya dan dunia nyata dengan memberikan jalan bagi umpan balik fisik dan haptik yang diperoleh melalui manipulasi media fisik. Pencetakan 3D telah mengalami ledakan dalam lima tahun terakhir karena sistem pemodelan deposisi leburan (FDM) berbiaya rendah. Pencetakan 3D pada tingkat dasarnya menggunakan proses manufaktur aditif untuk membuat objek berlapis-lapis menggunakan polimer plastik. Meskipun prosesnya lambat, pencetakan 3d menciptakan hubungan langsung antara model berbasis 3d virtual dan pembentukan representasi fisik yang akurat dari model tersebut. Tautan langsung pembuatan objek ke pemodelan komputer ini mengubah hubungan pelajar dengan pembuatan objek dan penggunaan selanjutnya, memungkinkan umpan balik haptik bagi siswa yang tidak membuat melainkan menggunakan sendiri objek cetakan 3D atau dalam simulasi augmented reality (Riskiono et al, 2020). Oleh karena itu, teknologi diterapkan pada ekspektasi dan preferensi mahasiswa saat ini, melalui penggunaan dunia virtual, robotika, dan realitas virtual. Keterlibatan pembelajaran yang aktif dan mendalam serta penggunaan teknologi baru, terutama dalam bentuk perangkat visualisasi realitas campuran, menghadirkan potensi besar untuk meningkatkan pedagogi universitas.

Metode

Untuk setiap studi kasus yang diuraikan, metodologi penelitian berbasis desain (DBR) digunakan, dengan mentalitas penelitian tindakan yang mendasari yang diterapkan dalam pelaksanaan penelitian. di kelas. Secara khusus, empat langkah metodologi DBR diikuti melalui analisis masalah dan desain solusi simulasi (sebagaimana dirinci dalam setiap bagian di atas), diikuti dengan implementasi berulang dari solusi tersebut ke dalam kelas oleh akademisi disiplin yang diposisikan untuk mengevaluasi. efektivitas solusi yang memberikan umpan balik terperinci mengenai desain dalam studi percontohan putaran pertama (Saputri et al, 2020). Hal ini kemudian menghasilkan putaran kembali ke penyempurnaan desain dan pengujian berulang lebih lanjut.

Untuk menilai relevansi bagaimana studi kasus yang disajikan mengarah pada pengembangan lingkungan kelas STEAM di masa depan, data dari proses di atas, termasuk komentar kualitatif siswa dan observasi staf, digabungkan dengan data wawancara tatap muka terbuka tambahan. dikumpulkan dari wawancara yang dilakukan dengan akademisi disiplin ilmu untuk setiap studi kasus yang disajikan. Wawancara ini tercakup dalam permohonan etika yang diajukan untuk masing-masing kasus. Dalam wawancara ini, peserta diminta untuk berkomentar tentang bagaimana ruang kelas yang didesain ulang lebih mendukung atribut utama STEAM dalam pemecahan masalah, pemikiran kritis, kreativitas, dan inovasi. Mereka selanjutnya diminta untuk merefleksikan bagaimana teknologi realitas campuran mempengaruhi atribut-atribut ini. Data dari wawancara dikumpulkan dan ditranskrip, dan tema diidentifikasi. Data-data tersebut kemudian digabungkan dengan data yang ada dari masing-masing studi kasus.

Hasil

Pendekatan kelas STEAM realitas campuran, tiga studi kasus telah dipilih yang menunjukkan penggunaan realitas campuran untuk mendorong keterampilan di kelas. Studi kasus terpilih ini menunjukkan konsep multimodal untuk beberapa desain kelas STEAM yang berbeda. Semua studi kasus termasuk contoh video, publikasi dan instrumen pembelajaran tersedia di www.mixedrealityresearch.com. Secara khusus, bagian di bawah ini menyajikan tiga studi kasus berbasis kelas tentang pedagogi realitas campuran terapan dalam Desain Spasial 3D (Multimedia dan Arsitektur), Ilmu Paramedis, dan Teknologi Informasi dan mengilustrasikan bagaimana pemecahan masalah dan pemikiran kritis dapat diatasi dengan menggunakan teknologi ini dalam STEAM. kelas. Masing-masing disiplin ilmu ini dipilih karena mengandalkan berbagai bentuk visualisasi langsung dan pengembangan keterampilan praktis. Wawasan terhadap kasus-kasus ini dapat membantu memandu perancang kurikulum dan guru mata pelajaran STEAM dalam membuat keputusan mengenai penggunaan teknologi realitas campuran yang sedang berkembang dengan menyoroti properti media dan urutan pelajaran (Magana, 2014). Berikut adalah ringkasan analisis kasus-kasus ini, komentar kualitatif dari akademisi disiplin ilmu yang bertanggung jawab untuk mengajar mata pelajaran tersebut, dan data tentang hasil peserta didik. Analisis lebih lanjut dari studi-studi ini disajikan di bagian hasil. Analisis ini diharapkan dapat membantu memandu penggunaan Ruang Pembelajaran Realitas Campuran yang efektif untuk ruang kelas STEAM di masa depan (Mursyidah et al, 2022).

Studi 1: Desain Tata Ruang 3d - Multimedia & Arsitektur

Studi kasus pertama ini berkaitan dengan pembangunan lingkungan kelas realitas campuran baru di Universitas Bond untuk mahasiswa Desain Spasial dalam disiplin multimedia dan arsitektur. Untuk mahasiswa multimedia, pengujian dilakukan dalam satu mata kuliah selama tiga semester yang mencakup tiga tahun dalam kurikulum mata pelajaran Media Interaktif dan Desain. Untuk mahasiswa arsitektur, pendekatan pedagogi diintegrasikan ke dalam dua mata kuliah selama dua semester yang mencakup satu setengah tahun dalam kurikulum mata pelajaran Komunikasi Desain Arsitektur.

Siswa multimedia dalam desain dan pemodelan 3d membuat materi nyata di dunia virtual dan fisik untuk kritik, percakapan, penilaian, inspirasi, dan hasil lulusan. Jalur pengembangan 3d menekankan pentingnya mengeksplorasi representasi media yang berbeda namun metode kelas pada umumnya hanya melibatkan gambar referensi 2d dan objek render 3d yang diproyeksikan dalam ruang 2d. Representasi ini seringkali kurang memiliki pertimbangan spasial, navigasi dan manipulasi yang diperlukan untuk benar-benar memahami dan mengkomunikasikan desain pelajar. Demikian pula, visualisasi spasial dan interpretasi 3d tidak diragukan lagi merupakan keterampilan penting untuk dikembangkan oleh arsitek muda. Kemampuan untuk menafsirkan ruang dan bentuk 3d dengan cepat dan efektif dari gambar 2d dan sebaliknya, untuk mereduksi ide 3d menjadi representasi 2d untuk tujuan komunikasi, umumnya dianggap sebagai ciri profesi ini. Ketika gagasan spasial dan geometris menjadi semakin kompleks, representasi ortografik 2d standar industri (rencana, bagian, dan ketinggian) cenderung menyampaikan lebih sedikit informasi tentang desain dan bagaimana interpretasinya. Keterampilan yang diperlukan untuk membuat terjemahan multi-dimensi ini umumnya memerlukan pengembangan pengalaman yang signifikan selama bertahun-tahun dan, meskipun arsitek berpengalaman mahir dalam melakukan terjemahan ini, terdapat hambatan komunikasi dari guru ke siswa karena kesenjangan keterampilan ini.

Siswa di kelas multimedia dihadapkan pada gambar tangan 2d tradisional dan pemodelan 3d digital serta fabrikasi fisik untuk tujuan pengajaran konsep pemodelan 3d seperti pencahayaan dan geometri. Selain itu, siswa ditugaskan untuk menguraikan objek maya 3d menjadi representasi 2d dan menyusunnya kembali menjadi objek fisik 3d. Siswa dibagi menjadi dua kelompok untuk mendorong komunikasi (yaitu, setiap kelompok berisi 6-9 siswa, dan instruktur tidak 'mengawasi' selama diskusi siswa dalam kelompok), mengurangi waktu tunggu visualisasi (karena terbatasnya jumlah peralatan yang tersedia), dan memungkinkan perbandingan spesifik antara keluaran kelompok sepanjang semester studi. Selama semester tersebut, setiap kelompok diberi tingkat akses yang sama terhadap setiap jenis representasi. Tabel 1 menguraikan tujuan pembelajaran dan kondisi media terapan yang dikembangkan sesuai dengan desain mata pelajaran dan hasil lulusan.

Tabel 1: Tujuan Pembelajaran melalui Visualisasi Realitas Campuran

Tujuan Pembelajaran	Print	AR	VR	2d
Menunjukkan pengetahuan terapan pemahaman dan komunikasi spasial 3d	A	A	A	A
Mendemonstrasikan metode konstruksi geometri 3d yang diterapkan dalam desain 3d	1	1	2	2
Mendemonstrasikan pengetahuan terapan tentang permukaan melengkung dalam desain 3d	2	2	1	1
Mendemonstrasikan pengetahuan terapan tentang algoritma shader material dalam desain 3d	1	2	1	2
Mendemonstrasikan pengetahuan terapan metode pemetaan tekstur dalam desain 3d	2	1	2	1
Mendemonstrasikan pengetahuan terapan teori pencahayaan dalam pencahayaan adegan 3d	1	2	2	1
Tunjukkan pengetahuan terapan tentang Tingkat Detail dalam mengoptimalkan adegan 3d	2	1	1	2
Mendemonstrasikan penerapan terpadu seluruh tujuan pembelajaran	A	A	A	A

Kata mendemonstrasikan, yang digunakan pada Tabel 1, mengacu pada keterampilan tingkat tinggi dalam menganalisis, mengevaluasi, dan mencipta, sebagaimana tercermin dalam Taksonomi Bloom. Tutorial dan visualisasi untuk mencapai tujuan pembelajaran pada Tabel 1 disajikan kepada peserta didik di masing-masing kelompok selama dua belas minggu. Untuk mengatasi relevansi masalah, representasi masing-masing model dibuat menggunakan visualisasi teknologi realitas campuran yang berbeda (Oner et al, 2016). Model candi yang dihasilkan dicetak 3d menggunakan Replikator MakerBot dan ditempatkan ke dalam lingkungan simulasi VR dan AR menggunakan Unity3d, Oculus Rift, Samsung dan Vuforia melalui ponsel BYOD. Dengan kata lain, perangkat lunak siap pakai, pencetakan 3D, dan telepon seluler digunakan untuk membuat representasi ini (Pellas et al, 2017).

Hasilnya memberikan keterlibatan aktif yang berpusat pada pelajar melalui interaksi fisik dan virtual dengan teknologi visualisasi. Siswa berinteraksi dan mengeksplorasi visualisasi ini dengan menavigasi dan memanipulasi visualisasi realitas campuran komparatif ini. Hal ini pada gilirannya memungkinkan pembelajar spasial tingkat tinggi dan rendah untuk terlibat dan membuat konsep objek. Peserta didik kemudian disuguhkan gambar referensi 2d tradisional dan diminta membuat sendiri contoh model 3d, dalam hal ini patung burung. Hasil intervensi ini menunjukkan bahwa siswa mampu menerjemahkan objek spasial 3d yang ada di kepalanya dengan lebih baik. Hasil penelitian ini disajikan dalam ringkasan pembahasan rinci disajikan pada bagian hasil Artikel ini. Untuk kelas arsitektur, seperti pada pembelajaran multimedia, peserta didik diberikan serangkaian latihan perbandingan dengan dua bentuk media (Permana et al, 2022). Mereka diminta untuk membandingkan dan membedakan berbagai media, termasuk informasi yang diperoleh dari masing-masing media, kesulitan atau kemudahan media dalam memfasilitasi interpretasi yang akurat, dan pada akhirnya preferensi mereka terhadap setiap latihan. Analisis ini diberikan melalui blog yang direfleksikan.

Studi 2: Ilmu Paramedis

Pendidik sains paramedis sudah menggunakan visualisasi fisik untuk pengembangan keterampilan, praktik dan pelatihan, serta pengembangan konsep. Praktek virtual ini bermanfaat karena masyarakat tidak ingin paramedis mempraktikkan teknik pada orang sungguhan sampai mereka terlatih dengan baik (Pranata et al, 2017). Namun, siswa paramedis daring berada pada posisi yang kurang menguntungkan karena mereka tidak dapat berlatih boneka fisik dan menggunakan instrumen bedah fisik. Studi kasus ini berasal dari kebutuhan, yang diidentifikasi melalui evaluasi kursus, akan lebih banyak kesempatan bagi siswa jarak jauh untuk mempraktikkan keterampilan (saat ini, keterampilan tersebut hanya dapat dipraktikkan di sekolah asrama yang dilaksanakan secara langsung selama lima hari).

Diskusi antara penulis dan akademisi disiplin paramedis difokuskan pada keterampilan apa yang dapat diciptakan kembali melalui pendekatan mixed reality yang akan memberikan manfaat sebesar-besarnya kepada siswa. Pada akhirnya, laringoskopi (melihat ke bawah tenggorokan) untuk mengeluarkan benda asing dipilih karena dianggap sebagai keterampilan invasif prioritas. Pengangkatan benda asing memerlukan kepercayaan diri dan pengalaman agar dapat dilakukan

dengan benar. Mengingat Paramedis tidak terlalu sering melakukan keterampilan ini di jalan raya, menjadi jelas bahwa intervensi ini dapat memberikan hasil pembelajaran yang positif dibandingkan dengan pendekatan pengajaran yang digunakan hingga saat ini dalam kursus ini.

Karena kasus ini bersifat jarak, “ruang kelas” bukanlah ruang tradisional melainkan lingkungan pembelajaran jarak jauh yang didominasi daring. Dengan pemikiran ini, mahasiswa selama dua semester, yang berlangsung selama dua tahun, dipasang instrumen cetak 3D, dan diberikan aplikasi ponsel untuk simulasi augmented reality dan virtual reality (Meilindawati et al, 2023). Mereka juga menerima video tutorial. Semua barang digunakan untuk melatih keterampilan sebelum tiba di sekolah asrama. Pengembangan alat, kelayakan metodologi desain, dan hasil awal menunjukkan bahwa siswa mendapat manfaat dari penggunaan alat realitas campuran sebelum datang ke sekolah asrama.

Untuk membuatnya lebih realistis, diperlukan replikasi skala 1:1 dari alat fisik sebenarnya. Dalam hal ini, kami memerlukan Laringoskop cetak 3d dengan Mac Blade dan Magill Forceps. Melalui penambahan penanda AR, model fisik ini dapat dilacak dan disimulasikan secara virtual. Untuk simulasi augmented reality, keputusan dibuat untuk menggunakan platform pengembangan mesin game siap pakai, Unity 3d, Antarmuka Pemrograman Aplikasi (API) Google Cardboard (untuk memberikan tampilan stereoskopis) dan plugin Vuforia AR untuk Unity 3d (Raharjo et al, 2023).

Untuk memungkinkan sudut pandang yang benar (melihat ke bawah tenggorokan jalan napas dengan menggunakan cebol) dan menjaga tangan tetap bebas (untuk menggunakan alat cetak dengan spidol augmented 3d), keputusan dibuat untuk menggunakan headmount bergaya Google Cardboard ColorCross untuk digunakan dengan ponsel milik siswa. Dengan kata lain, siswa akan memasang ponsel mereka ke dalam semacam bingkai headset, yang memungkinkan mereka melihat 'pandangan' simulasi jalan napas, sambil membiarkan tangan mereka bebas memanipulasi instrumen 3D. Instrumen cetak 3D akan muncul pada gambar di ponsel mereka yang mencerminkan posisi tangan mereka relatif terhadap simulasi jalan napas.

Fokus simulasi agar sesuai dengan tugas berarti hanya informasi relevan yang berkaitan dengan hasil pembelajaran utama yang disertakan. Untuk tujuan ini, tutorial diberikan menjelaskan kepada siswa bagaimana memegang instrumen dan menggunakan simulasi melalui isyarat teks dan audio. Pertama, semua penanda perlu diidentifikasi oleh kamera melalui proses pengenalan gambar. Kemudian, objek virtual dikenali dalam tampilan ponsel/kamera dari alat fisik sebenarnya. Hal ini menunjukkan kepada pengguna bahwa simulasi yang terlihat di ponsel mereka telah ‘mengenali’ penanda dan membuat mereka lebih percaya diri menggunakan alat tersebut untuk melatih keterampilan mereka.

Boneka manikin saluran udara ditampilkan dalam tampilan stereoskopis, dan serangkaian langkah dengan isyarat audio dan visual disajikan kepada pengguna. Tujuan dari simulasi adalah mengikuti langkah-langkah yang diperlukan untuk memasukkan Laringoskop dengan benar. kemudian forceps mengeluarkan benda asing yang bersarang di tenggorokan pasien. Isyarat diberikan selama simulasi realitas campuran untuk menunjukkan apakah prosedur telah berhasil.

Studi 3: Jaringan TIK

Dalam jaringan ICT, siswa sering kali dihadapkan pada banyak teori tentang cara data berpindah melalui jaringan, meskipun mereka tidak memiliki model fisik yang sesuai. Bahkan di kelas yang memiliki alat peraga fisik (seperti router, switch, atau kabel jaringan), tidak ada cara mudah untuk menunjukkan kepada siswa bagaimana paket data tak kasat mata bergerak atau merutekan komponen-komponen ini, dan paket tersebut tetap menjadi kotak hitam bagi banyak siswa. Model abstrak tidak dapat menangkap kompleksitas model logis, khususnya sifat multi-langkah traversal paket. Peserta didik dihadapkan pada keterputusan antara komponen fisik yang terlibat dalam proses jaringan dan teori yang mendasarinya, seperti OSI dan model jaringan paket TCP/IP (Rahmawati et al, 2021).

Oleh karena itu, untuk mengembangkan ruang kelas STEAM realitas campuran untuk mengatasi tantangan ini, kerja sama dimulai antara pakar disiplin dan penulis utama untuk menggabungkan pedagogi realitas campuran. Ditentukan bahwa komponen fisik dan digital dari suatu jaringan dapat dimodelkan di dunia fisik dan kemudian dapat ditambah dengan visualisasi realitas campuran pedagogi, misalnya, router dan switch dapat direpresentasikan secara fisik dan digital, begitu pula lalu lintas jaringan melalui augmentasi. Hal ini akan memberikan pelajar cara untuk menerobos kotak hitam fisik dan melihat bagaimana data teori abstrak dioperasikan antar perangkat.

Untuk komponen fisik, intervensi menggunakan stand cetakan 3D yang dilapisi dengan penanda target gambar yang dapat dikenali oleh aplikasi augmented reality. Penggunaan stand ini memungkinkan siswa membangun jaringan dengan menggerakkan benda-benda fisik. Mereka dapat mengacaknya maju mundur untuk membuat konfigurasi yang diinginkan dan menambah/menghapus bagian sesuai kebutuhan untuk desain jaringan yang berbeda. Tautan langsung pembuatan objek ke pemodelan komputer ini mengubah hubungan pelajar dengan pembuatan objek dan penggunaan selanjutnya, sehingga memungkinkan terjadinya putaran umpan balik haptik bagi pelajar.

Setelah jaringan 'dibangun' menggunakan objek fisik, siswa kemudian dapat mensimulasikan jaringan yang berfungsi menggunakan aplikasi AR yang dimuat ke tablet atau ponsel pintar. Aplikasi ini memungkinkan siswa untuk melihat bagaimana paket mengalir melalui jaringan. Ini mensimulasikan aliran paket antara perangkat akhir tertentu, seperti komputer klien dan server, atau dua komputer yang terlibat dalam koneksi peer-to-peer. Secara khusus, intervensi ini memindai penanda target gambar melalui kamera perangkat seluler menggunakan plug-in Vuforia AR di mesin game Unity3d. Dua pengulangan pedagogi selama dua tahun telah mengungkapkan bahwa siswa menganggap simulasi ini baru dan menarik, dan bahwa konsep seperti daya ingat dan interaktivitas ditingkatkan dengan intervensi realitas campuran dibandingkan pendekatan tradisional (Rusnandi et al, 2016).

Pembahasan

Desain Tata Ruang (Multimedia & Arsitektur)

Pengalaman selama tiga tahun terakhir, dalam konteks pemodelan 3d dan desain multimedia, sangatlah positif. Akademisi disiplin berkomentar bahwa, berdasarkan pengamatannya, interaksi antara representasi media realitas campuran mengarah pada kegiatan pembelajaran yang lebih bermakna dan keterjangkauan media mengarah pada peningkatan keterlibatan peserta didik dan hasil peserta didik (Suharso, 2020). Analisis terhadap blog pelajar yang dikodifikasi menunjukkan bahwa setiap teknologi visualisasi memiliki persepsi positif, negatif, dan beragam dalam hal aksesibilitas; kegunaan; kemampuan manipulasi; kemampuan navigasi; visibilitas; komunikasi; dan kreativitas. Entri blog siswa bahwa pencetakan 3D menawarkan umpan balik haptik yang positif dan hubungan antara lingkungan virtual dan fisik; VR menawarkan interaksi real-time, meningkatkan kesadaran spasial, dan penemuan cacat; AR menawarkan koneksi ke dunia nyata dan koneksi spasial situasional; dan 2d tradisional menawarkan aksesibilitas tinggi, kemudahan penggunaan, dan pembuatan versi cepat.

Saran dari akademisi disiplin ilmu ini adalah bahwa seorang perancang pendidikan dalam disiplin ilmu ini harus merancang pembelajaran dari intervensi visualisasi dengan secara langsung menghubungkan aktivitas tersebut dengan pembelajaran siswa dan tidak berasumsi bahwa pelajar memahami teknologi tanpa instruksi rinci dan mengutamakan persepsi pelajar. Meskipun pelajar ini dianggap sebagai Penduduk Asli Digital dan harus dianggap aktif secara digital, semua orang mungkin merasa tidak nyaman dengan teknologi tersebut. Demikian pula, wawancara dengan akademisi disiplin arsitektur menyuarakan bahwa pengamatan mereka selama delapan belas bulan terakhir menggunakan pendekatan realitas campuran sebagai alat pendidikan telah menunjukkan hal positif secara keseluruhan dari sudut pandang siswa dan staf.

Entri blog siswa menyarankan agar mereka merasakan hubungan yang lebih dalam dengan pekerjaan mereka – mereka dapat mengalaminya dibandingkan hanya membayangkannya. Ketika ditunjukkan kepada akademisi selama wawancara, mereka membuktikan kemampuan untuk lebih siap mengevaluasi berbagai kualitas spasial serta isu-isu kualitas lingkungan (cahaya, bayangan) jauh lebih mudah dibandingkan media 2D, yang berfungsi terutama sebagai alat validasi organisasi atau fungsional (Sumardari et al, 2019). Siswa dicirikan oleh disiplin akademis yang mampu memvisualisasikan dan mengkomunikasikan konsep spasial yang lebih kompleks dengan berbagai bentuk media. Meskipun proyeksi 2D dan 3D sederhana masih merupakan metode komunikasi *de facto*, siswa digambarkan menunjukkan peningkatan penilaian dan penalaran ketika memilih versi media mana yang ditampilkan untuk penilaian; mereka dikategorikan lebih mampu menggunakan gambar 2D untuk komunikasi yang lebih efektif.

Siswa menunjukkan kegembiraan untuk berpartisipasi dalam kegiatan kurikuler dibandingkan dengan mendiskusikan format pembelajaran tradisional, seperti studi kasus berbasis slide. Kegiatan berteknologi tinggi dan berbasis pengalaman cenderung menghasilkan lebih banyak diskusi dan partisipasi. Di luar pengembangan keterampilan spasial, penggunaan teknologi mutakhir digambarkan sebagai meningkatnya minat terhadap bentuk teknologi lain

yang terkait, khususnya alat digital di sepanjang jalur VR. Ini termasuk peningkatan minat terhadap pencetakan 3d, perangkat lunak pemodelan 3d, dan peningkatan minat dalam rendering dan memberi tekstur pada karya mereka.

Sisi negatifnya juga digambarkan oleh disiplin akademis. Teknologi ini masih muda dan detail serta penyempurnaannya masih kurang mengingat siklus perkembangan yang pesat (Adrian et al, 2020). Model VR tidak memiliki kualitas yang sama dengan video game yang biasa dimainkan oleh banyak siswa, yang merupakan hal yang baik dan buruk (Irmayanti et al, 2022). Model VR digambarkan masih memaksakan interpretasi dan imajinasi pada tingkat tertentu untuk melengkapi detail ruang, tetapi bukan sebagai lingkungan yang imersif (Syukur et al, 2023). Kedua akademisi disiplin ilmu tersebut menjelaskan bahwa jalur teknologi, baik VR maupun pencetakan 3d, memiliki tuntutan tingkat keterampilan yang terkadang melampaui siswa yang hanya mempelajari perangkat lunak pemodelan 3d. Konsep seperti tepi telanjang dan normal terbalik terkadang terlalu esoteris. Beberapa permasalahan ini muncul dari metodologi yang dipilih yaitu meminta siswa membandingkan karya mereka sendiri dalam berbagai format. Secara khusus, untuk melakukan hal ini dalam waktu kelas yang tersedia, siswa harus mengubah pekerjaan mereka dari 2d ke 3d ke format fisik dan VR dengan relatif cepat, yang membantu menjelaskan keterbatasan realisme di media dimensi yang lebih tinggi. Alur kerja perangkat lunak baru akan meningkatkan kecepatan dan kualitas konversi (Arifin et al, 2020). Hasil ini menunjukkan bahwa bagian dari keberhasilan aplikasi ini didasarkan pada kemampuan siswa untuk mengevaluasi pekerjaan mereka sendiri di berbagai media, yang mengembangkan keterampilan selama desain. Oleh karena itu, berbagai media bukanlah alat yang sepenuhnya reflektif atau berbasis komunikasi.

Paramedis

Akademisi disiplin menunjukkan bahwa para pelajar sangat bersemangat untuk mendapatkan kesempatan mencoba pedagogi baru yang didorong oleh realitas campuran ini. Mereka merasa senang bisa menerima simulasi dan peralatan serta mempraktikkan keterampilannya di rumah. Hal ini membantu pelajar untuk merasa lebih terlibat dalam kursus dan tidak terlalu terisolasi dan sendirian. Ketika alat cetak 3D dan simulasi augmented reality digunakan oleh pelajar, akademisi disiplin melaporkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam penyiapan peralatan dan kemajuan melalui langkah-langkah yang diperlukan (Untari et al, 2022). Hal ini terutama terjadi pada langkah-langkah selanjutnya ketika memperkenalkan forsep Magill dan mengeluarkan benda asing. Peserta didik berkomentar bahwa perlu ada simulasi yang lebih mendalam ketika tangan saya sepertinya melewati simulasi manikin saluran napas. Peserta didik berkomentar bahwa mereka menghabiskan terlalu banyak waktu untuk fokus pada penanda dan bukan pada simulasi manikin saluran napas yang mengakibatkan frustrasi ketika simulasi dimulai kembali karena mereka tidak mengalami kemajuan melalui langkah-langkah keterampilan. Langkah-langkah telah diambil selama iterasi untuk memperbaiki masalah ini dengan versi saat ini dan mengurangi masalah ini dengan pengaturan peralatan, perkembangan, dan kedalaman simulasi. Simulasi saat ini memperkenalkan lebih banyak umpan balik resistensi haptik fisik selama tahap penyiapan.

Terakhir, beberapa pelajar berkomentar bahwa mereka tidak sempat menggunakan simulasi sesuai keinginan mereka. Perjuangan kali ini dikaitkan dengan studi lain, pekerjaan dan komitmen keluarga. Setelah direnungkan, pakar disiplin mencatat bahwa dia seharusnya mendorong penggunaan simulasi lebih sering dengan pengingat dan keterkaitan dengan tugas pembelajaran. Integrasi simulasi ke dalam kursus dilaporkan relatif lancar. Siswa menunjukkan kegembiraan dalam merasakan cara belajar yang baru; namun, beberapa pelajar tampaknya berpikir bahwa ini mungkin merupakan “pekerjaan ekstra” bagi mereka. Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun siswa merasa teknologi ini membantu mereka untuk lebih terlibat, masih banyak pekerjaan yang perlu dilakukan untuk menciptakan simulasi akurat yang meminimalkan keterbatasan teknologi sehingga siswa dapat fokus pada pengembangan keterampilan (Nurhasanah et al, 2023).

Jaringan

Penerimaan terhadap gagasan keseluruhan pedagogi realitas campuran baik, dengan disiplin akademis dan siswa berkomentar tentang betapa bermanfaatnya membantu siswa dengan konstruksi model mental mereka terutama untuk konsep abstrak (Purwoko et al, 2023). Misalnya, selama pengujian kegunaan, siswa berkomentar di bagian kualitatif survei mengingat bahwa hal itu lebih diklarifikasi melalui pekerjaan ini dan bagus untuk bekerja dengan konsep jaringan seperti itu antarmuka yang ramah pengguna, mudah untuk berinteraksi dan bertindak berdasarkan itu. Melalui pengembangan simulasi ini, terlihat bahwa dengan tingkat dukungan yang tepat, kombinasi komponen fisik dan komponen digital dapat membantu siswa membangun model mental yang lebih baik. Menjadi jelas pula bahwa terdapat banyak peluang lain untuk memperluas bagian simulasi intervensi. Setelah model dasar jaringan fisik diterima, model ini dapat dibangun untuk mengajarkan konsep yang lebih rumit di berbagai bidang, seperti keamanan jaringan. Seperti yang disoroti oleh akademisi disiplin selama pengujian pengguna selanjutnya terhadap intervensi realitas campuran, menjadi jelas, seperti halnya studi paramedis, arsitektur dan multimedia, bahwa perancah yang signifikan diperlukan agar pelajar dapat menggunakan aplikasi tersebut. Meskipun telah dikembangkan sebagai latihan bentuk bebas yang dibantu oleh simulasi, peserta didik menemukan bahwa simulasi tersebut sulit untuk dilakukan dan digunakan tanpa adanya instruksi tentang penggunaan penanda dan bagaimana penanda tersebut dikenali oleh sistem.

Meskipun ringkasan awal sistem ini selalu digunakan dalam tutorial, pengujian dengan siswa menunjukkan bahwa sumber daya perlu dikembangkan untuk membantu proses orientasi, baik dalam hal bantuan dalam aplikasi maupun dalam hal pembelajaran. dan mengajar scaffolding di dalam kelas. Misalnya, jelas juga bahwa penggunaan penanda segitiga menyulitkan beberapa pengguna untuk menghubungkan aspek fisik simulasi ke aspek digital simulasi. Aspek tutorial offline dapat menghubungkan kedua bagian tersebut dalam pikiran pengguna, seperti pengenalan komponen nyata yang kemudian dihubungkan dengan penanda yang ada di benak pengguna sebelum digunakan dalam simulasi. Akhirnya, hasil ini menunjukkan bahwa pedagogi realitas campuran dapat sangat membantu ketika memodelkan konsep teoritis, namun keterbatasan teknis terkadang menimbulkan masalah.

Menganalisis hasil dalam kerangka tujuan pemecahan masalah dan berpikir kritis menghasilkan beberapa hasil yang menarik. Pertama, jelas bahwa pengenalan realitas campuran ke dalam kelas berpotensi meningkatkan pemikiran kritis, sejalan dengan salah satu nilai utama STEAM. Hal ini ditunjukkan dengan komentar dari akademisi disiplin arsitektur bahwa mahasiswa memiliki keterkaitan yang lebih dalam dengan pekerjaannya, komentar dari akademisi disiplin paramedis bahwa mahasiswa merasa lebih terlibat dengan mata kuliah tersebut, dan komentar dari mahasiswa berjejaring bahwa hal tersebut lebih diperjelas melalui karya ini. Hal ini mendukung komentar mengenai nilai media visual di kelas, seperti yang diungkapkan. Kedua, jelas dari hasil ini bahwa penerapan kelas STEAM realitas campuran sebagai akibat langsung dari kebutuhan pedagogi membantu menyelesaikan masalah yang diidentifikasi bahwa pembelajaran di lingkungan ini bisa jadi sulit. Komentar dari akademisi disiplin multimedia bahwa kelas ini menghasilkan kegiatan pembelajaran yang lebih bermakna; dari akademisi disiplin paramedis bahwa siswa bersemangat untuk merasakan cara belajar yang baru; dan dari akademisi disiplin arsitektur bahwa siswa lebih bersemangat untuk berpartisipasi dalam kegiatan kurikuler menunjukkan bahwa jenis implementasi yang mengutamakan pedagogi ini memiliki kapasitas untuk mengartikulasikan nilai STEAM dengan lebih jelas kepada siswa (Zaid et al, 2022). Pada akhirnya, hasil ini juga menunjukkan dukungan terhadap konsep utama STEAM mengenai inovasi dan kreativitas, seperti yang diuraikan dalam kasus. Serupa dengan kasus-kasus ini, komentar dari akademisi disiplin arsitektur bahwa siswa dapat mengalaminya, bukan hanya membayangkannya, dan dari akademisi disiplin jaringan bahwa karya ini dapat membantu siswa dalam konstruksi model mental mereka terutama untuk konsep abstrak menunjukkan sedikit bagaimana alat tersebut dapat digunakan oleh siswa untuk mendukung kreativitas dan pemikiran out-the-box.

Namun, jelas juga bahwa masih banyak pekerjaan yang harus dilakukan untuk memberikan pengalaman realitas campuran yang mulus. Dalam setiap kasus, akademisi disiplin mengidentifikasi masalah spesifik yang dihadapi siswa di setiap lingkungan kelas. Ada beberapa kesamaan; baik akademik disiplin multimedia maupun akademik disiplin jaringan mengidentifikasi kebutuhan untuk lebih banyak perancah dalam pengalaman belajar. Namun, ada juga masalah unik pada masing-masing implementasi yang perlu dipecahkan, dengan permasalahan yang beragam seperti kualitas model untuk mahasiswa arsitektur, ketepatan simulasi untuk mahasiswa paramedis dan kurangnya umpan balik haptik, dan fisik penanda untuk jaringan. siswa disajikan sebagai masalah yang perlu dipecahkan. Jelas dari daftar ini bahwa pendekatan satu ukuran untuk semua tidak akan berguna di kelas-kelas ini, dan bahwa, seperti yang dilaporkan, serangkaian paradigma, alat dan teknik baru perlu dikembangkan untuk mendukung inisiatif kelas baru ini. Hal ini juga mendukung kesimpulan bahwa representasi ganda harus memanfaatkan perbedaan antar representasi.

Detil penerapan di masing-masing disiplin ilmu telah dibahas, dengan menggabungkan bukti-bukti dari analisis kasus yang lebih rinci, refleksi oleh siswa, dan refleksi oleh instruktur. Studi kasus yang disajikan menunjukkan berbagai cara visualisasi realitas campuran dapat digunakan di kelas, berdasarkan daftar yang diberikan oleh, untuk memasukkan kerja disiplin

dalam visualisasi dalam berbagai disiplin ilmu seperti desain multimedia, ilmu paramedis, arsitektur, desain dan teknologi informasi jaringan komputer. Studi ini juga menunjukkan penerapan model yang diusulkan oleh, dengan menerapkan visualisasi multimodal berkode ganda ke dalam kurikulum jika diperlukan untuk meningkatkan hasil pembelajaran dan pengembangan keterampilan. Hal ini dapat dilakukan sejalan dengan tujuan pendidikan tinggi yang relevan dengan perubahan jumlah mahasiswa dengan keahlian dan harapan yang berubah, khususnya terkait dengan penggunaan teknologi inovatif, penerapan penggunaan AR/VR di pendidikan tinggi.

Hal ini juga terbukti bahwa seseorang dapat meningkatkan efektivitas visualisasi di setiap kelas. Misalnya, dalam ilmu paramedis, konstruksi simulasi dan desain pembelajaran sebelum penggunaan visualisasi adalah penting dan disorot sebagai area perbaikan oleh siswa dan staf. Oleh karena itu, uji coba di masa depan di bidang ini akan bereksperimen dengan penggunaan resistensi dan umpan balik haptik, koneksi VR dan AR melalui lengan virtual, dan pandangan stereoskopis. Dalam multimedia, lebih banyak pekerjaan yang perlu dilakukan dalam tutorial yang disesuaikan dan bagaimana siswa dapat didukung dan termotivasi untuk mengembangkan model mereka sendiri. Dalam arsitektur diperlukan metode untuk meningkatkan kemampuan penerjemahan antara 2d ke 3d dan sebaliknya. Untuk jaringan, diperlukan lebih banyak fokus pada koneksi fisik dan virtual yang menghubungkan konstruksi model kinestetik dengan realitas fisik komponen jaringan.

Kesimpulan

Artikel ini menyoroti tiga studi kasus penerapan visualisasi realitas campuran dalam Desain Spasial 3D, Sains Paramedis, dan Teknologi Informasi. Melalui penggunaan visualisasi realitas campuran, dan preferensi untuk menempatkan pedagogi di atas teknologi melalui proses yang dimulai dengan masalah dan kemudian menyelesaikannya dengan teknologi (bukan sebaliknya), studi kasus ini menunjukkan bahwa meningkatkan keterlibatan dan pembelajaran melalui teknologi visualisasi inovatif, seperti pencetakan 3d, realitas virtual, augmented reality dan perangkat seluler BYOD di dalam kelas, meskipun masih ada tantangan teknis yang harus diselesaikan.

Penerapan visualisasi mixed-reality pada disiplin ilmu yang diteliti berpotensi mempunyai implikasi pada berbagai disiplin ilmu, baik di dalam STEAM maupun di luar bidang ini. Hal ini terutama berlaku di bidang di mana visualisasi dapat membantu dalam melihat suatu masalah dari sudut pandang yang berbeda (seperti dalam desain tata ruang), pengembangan keterampilan (seperti dalam paramedis), atau dalam memahami model teoritis secara visual (seperti dalam jaringan). Melalui perbandingan studi kasus, penulis dapat mengilustrasikan bagaimana visualisasi bukanlah alat yang dapat digunakan untuk semua. Mode dan model yang berbeda diperlukan dalam situasi yang berbeda, sebagaimana dikonfirmasi oleh kesimpulan. Namun, hasil awal cukup menjanjikan, menunjukkan bahwa visualisasi realitas campuran bisa efektif untuk meningkatkan praktik kelas, pedagogi, praktik pembelajaran, dan keterampilan.

Acknowledgment

-

Daftar Pustaka

- Adrian, Q. J., Ambarwari, A., & Lubis, M. (2020). Perancangan buku elektronik pada pelajaran matematika bangun ruang sekolah dasar berbasis augmented reality. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 11(1), 171-176. <https://doi.org/10.24176/simet.v11i1.3842>
- Alimuddin, H., Abdullah, A., & Alam, A. Z. I. (2023). Efektifitas Modul Digital Berbasis STEAM Dilengkapi Animasi Flash untuk Pembelajaran Tematik pada Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal PELITA*, 3(1), 45–56. <https://doi.org/10.54065/pelita.3.1.2023.321>
- Anggraeni, B., Efwinda, S., Haryanto, Z., Sholeh, M., & Armelia, A. (2023). Sosialisasi Pembelajaran Berbasis Augmented Reality (AR) bagi Guru Ilmu Pengetahuan Alam. *GERVASI: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 7(3), 1066-1078. <https://doi.org/10.31571/gervasi.v7i3.6296>
- Anita, D. E. J., & Yanti, R. (2023). Peningkatan Kemampuan Kognitif IPA Siswa melalui Pembelajaran Problem Solving Berbasis Pendekatan Saintifik. *Jurnal PELITA*, 3(1), 57–64. <https://doi.org/10.54065/pelita.3.1.2023.209>
- Arief, R., & Umniati, N. (2012). Pengembangan Virtual Class Untuk Pembelajaran Augmented Reality Berbasis Android. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, 21(2). <http://dx.doi.org/10.21831/jptk.v21i2.3262>
- Arifin, A. M., Pujiastuti, H., & Sudiana, R. (2020). Pengembangan media pembelajaran STEM dengan augmented reality untuk meningkatkan kemampuan spasial matematis siswa. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 7(1), 59-73. <http://dx.doi.org/10.21831/jrpm.v7i1.32135>
- Ayu, F., Suryani, D., Muhammad, M., & Maria, S. (2022). Pemanfaatan Augmented Reality Sebagai Media Pembelajaran Di Masa Pandemi Pada Mata Kuliah Desain Grafis. *INTECOMS: Journal of Information Technology and Computer Science*, 5(1), 123-131. <https://doi.org/10.31539/intecom.v5i1.3865>
- Irmayanti, D., Muni, L. S. A., & Pratiwi, M. (2022). Rancang bangun aplikasi pembelajaran bangun ruang berbasis augmented reality. *Nuansa Informatika*, 16(2), 123-134. <https://doi.org/10.25134/nuansa.v16i2.6004>
- Meilindawati, R., Zainuri, Z., & Hidayah, I. (2023). Penerapan media pembelajaran augmented reality (ar) dalam pembelajaran matematika. *JURNAL e-DuMath*, 9(1), 55-62. <https://doi.org/10.52657/je.v9i1.1941>
- Mubarok, Z. (2019). Perancangan dan pembuatan aplikasi pembelajaran bangun ruang 3D berbasis android dengan memanfaatkan augmented reality. *Ubiquitous: Computers and Its Applications Journal*, 2(1), 29-38. <https://doi.org/10.51804/ucaiaj.v2i1.29-38>

- Mursyidah, D., & Saputra, E. R. (2022). Aplikasi Berbasis Augmented Reality sebagai Upaya Pengenalan Bangun Ruang bagi Siswa Sekolah Dasar. *Tunas Nusantara*, 4(1), 427-433. <https://doi.org/10.34001/jtn.v4i1.2941>
- Mustaqim, I. (2016). Pemanfaatan Augmented Reality sebagai media pembelajaran. *Jurnal pendidikan teknologi dan kejuruan*, 13(2), 174-183. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v13i2.8525>
- Mutia, A. N., Apriyanto, A., & Dani, A. A. H. (2019). Rancang bangun media pembelajaran bangun ruang augmented reality berbasis android pada smp negeri 8 palopo. *Klasikal: Journal of Education, Language Teaching and Science*, 1(2), 1-11. <https://doi.org/10.52208/klasikal.v1i2.29>
- Nurhasanah, N., Hayati, L., & Salsabila, N. H. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Dengan Menggunakan Pendekatan Etnomatematika Materi Bangun Ruang Sisi Datar. *Journal of Classroom Action Research*, 5(4), 260-266. <https://doi.org/10.29303/jcar.v5i4.5642>
- Oner, A. T., Nite, S. B., Capraro, R. M., & Capraro, M. M. (2016). From STEM to STEAM: Students' beliefs about the use of their creativity. *The STEAM Journal*, 2(2), 6. <http://doi.org/10.5642/steam.20160202.06>.
- Pellas, N., Kazanidis, I., Konstantinou, N., & Georgiou, G. (2017). Exploring the educational potential of three-dimensional multi-user virtual worlds for STEM education: A mixed-method systematic literature review. *Education and Information Technologies*, 22, 2235-2279. <http://doi.org/10.1007/s10639-016-9537-2>.
- Permana, R., Mandala, E. P. W., Putri, D. E., & Yanto, M. (2022). Penerapan Teknologi Augmented Reality dan Virtual Reality dalam Peningkatan Pembelajaran Siswa Sekolah Dasar. *Majalah Ilmiah UPI YPTK*, 7-12. <https://doi.org/10.35134/jmi.v29i1.90>
- Pranata, M. A., Santyadiputra, G. S., & Sindu, I. G. P. (2017). Rancangan game balinese fruit shooter berbasis virtual reality sebagai media pembelajaran. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika: JANAPATI*, 6(3), 256-270. <https://doi.org/10.23887/janapati.v6i3.11994>
- Purwoko, N. E., & Zen, B. P. (2023). Aplikasi Pembelajaran Bangun Ruang Menggunakan Augmented Reality Marker Based Tracking. *Jurnal Ilmiah Media Sisfo*, 17(2), 302-312. <https://doi.org/10.33998/mediasisfo.2023.17.2.1407>
- Raharjo, F. O., Winarni, E. W., & Koto, I. (2023). Pengaruh Media Virtual Reality Berbasis STEAM Terhadap Literasi SAINS pada Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal Kajian Pendidikan Dasar*, 2(2), 295-306. <https://doi.org/10.33369/kapedas.v2i2.28183>
- Rahmawati, N. Analisis Kebutuhan Media Dan Bahan Ajar Berbasis Augmented Reality Dalam Pembelajaran Ipa Pendekatan STEAM Keterampilan Abad 21 Guru Sekolah Dasar. In *Social, Humanities, and Educational Studies (SHES): Conference Series (Vol. 3, No. 4, pp. 1241-1248)*. <https://doi.org/10.20961/shes.v3i4.55732>
- Riskiono, S. D., Susanto, T., & Kristianto, K. (2020). Augmented reality sebagai Media Pembelajaran Hewan Purbakala. *Krea-TIF: Jurnal Teknik Informatika*, 8(1), 8-18. <https://doi.org/10.32832/kreatif.v8i1.3369>

- Rusnandi, E., Sujadi, H., & Fauzyah, E. F. N. (2016). Implementasi augmented reality (ar) pada pengembangan media pembelajaran pemodelan bangun ruang 3D untuk siswa Sekolah Dasar. *INFOTECH journal*, 1(2). <http://dx.doi.org/10.31949/inf.v1i2.40>
- Saputri, S., & Sibarani, A. J. (2020). Implementasi augmented reality pada pembelajaran matematika mengenal bangun ruang dengan metode marked based tracking berbasis android. *Komputika: Jurnal Sistem Komputer*, 9(1), 15-24. <https://doi.org/10.34010/komputika.v9i1.2362>
- Suharso, A. (2012). Model pembelajaran interaktif bangun ruang 3D berbasis augmented reality. *Majalah Ilmiah SOLUSI*, 11(24). <https://doi.org/10.35706/solusi.v11i24.111>
- Sumardani, D., Wulandari, A., & Doriza, S. (2019, October). Penerapan Teknologi Augmented Reality pada Media Pembelajaran Poster Tatasurya. In *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) (Vol. 8, pp. SNF2019-PE)*. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2019.01.PE.57>
- Syukur, S. W., & Sutrisno, A. B. (2023). Bahan Ajar IPA Terpadu dengan Wawasan Kearifan Lokal untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal PELITA*, 3(1), 36–44. <https://doi.org/10.54065/pelita.3.1.2023.319>
- Umri, B. K., Astuti, I. A., & Sholihan, A. C. (2023). Evaluasi Augmented Reality Bangun Ruang sebagai Media Pembelajaran Siswa Kelas IV Sekolah Dasar. *Journal of Information System Management (JOISM)*, 5(1), 1-7. <https://doi.org/10.24076/joism.2023v5i1.1093>
- Untari, R. S., Hasanah, F. N., Wardana, M. D. K., & Jazuli, M. I. (2022). Pengembangan augmented reality (AR) berbasis Android pada pembelajaran pemodelan bangun ruang 3D. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 7(5), 190-196. <http://dx.doi.org/10.17977/jptpp.v7i5.15238>
- Zaid, M., Razak, F., & Alam, A. A. F. (2022). Keefektifan Media Pembelajaran Augmented Reality Berbasis STEAM dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran IPA di Sekolah Dasar. *Jurnal PELITA*, 2(2), 59–68. <https://doi.org/10.54065/pelita.2.2.2022.316>