

Systematic Literature Review: Trend Augmented Reality 2019-2023 dan Peluang Penerapannya di Masa Depan

Yuli Fitrianto¹, Sindhu Rakasiwi², Taufik Kurnialensya³

^{1,3}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Studi Akademik, Universitas Sains dan Teknologi Komputer, Indonesia

²Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Dian Nuswantoro, Indonesia

Email koresponding: yuli_f@stekom.ac.id

Diserahkan 29 Oktober 2023; Direview 30 November 2023; Dipublikasikan 30 Desember 2023

Abstrak

Augmented reality (AR) merupakan teknologi yang dapat menyatukan objek visual yang dibuat melalui komputer dengan dunia nyata dengan menambahkannya secara real-time. Penelitian ini melakukan peninjauan berupa Systematic Literature Review (SLR) terhadap penerapan AR di berbagai bidang dalam 5 tahun terakhir yaitu dari tahun 2019 hingga 2023. Tujuan dari SLR ini adalah untuk mengidentifikasi tren penerapan AR di 5 tahun terakhir, kemudian memprediksi potensi dan tantangan yang akan dihadapi di masa depan, serta mengajukan beberapa poin yang dapat digunakan sebagai saran penerapan AR selanjutnya. Sebanyak 500 judul artikel penelitian tentang AR diambil dari hasil pencarian melalui pengindeks database Google Scholar dengan alat bantu berupa software Publish or Perish dari Harzing. Visualisasi data dilakukan menggunakan software VOSviewer untuk melihat keterkaitan antar bidang pada AR, sedangkan pemfilteran artikel yang dilakukan untuk memilih artikel-artikel yang benar-benar berdampak menggunakan pedoman Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis (PRISMA) Flow Diagram. Artikel-artikel yang telah terpilih kemudian dilakukan pengelompokan per bidangnya untuk dilakukan analisis. Hasil yang diperoleh pada SLR kali ini adalah bidang pendidikan menjadi tren penerapan AR di 5 tahun terakhir dan kemungkinan besar akan terus berlanjut di tahun-tahun berikutnya, disusul penerapan di bidang industri, retail dan pemasaran. Bidang militer berpotensi besar untuk penerapan AR di masa depan mengingat hingga akhir penelitian ini dibuat, situasi keamanan dunia masih panas. Tantangan yang dihadapi di dunia pendidikan adalah perlunya dukungan pihak institusi terhadap guru atau pengajar serta kesiapsediaan teknologi, sedangkan di bidang industri terdapat tantangan pada pemilihan divisi yang tepat untuk penerapan AR tanpa membebani pekerjaan. Terakhir, 5 poin saran diberikan pada penelitian ini untuk penerapan AR yg lebih efektif.

Kata kunci: AR; *Augmented*; Penerapan; Review; SLR.

Abstract

Augmented reality (AR) is a technology that can unite visual objects created through computers with the real world by adding them in real-time. This research conducted a review in the form of a Systematic Literature Review (SLR) on the application of AR in various fields in the last 5 years, namely from 2019 to 2023. The purpose of this SLR is to identify trends in AR

implementation in the last five years, predict the potential challenges that will be faced in the future, and propose several points that can be used as suggestions for the next application of AR. A total of 500 titles of research articles on AR were taken from search results through the Google Scholar database indexer using tools in the form of Publish or Perish software from Harzing. Data visualization is done using VOSviewer software to see the relationship between fields in AR, while article filtering is done to select articles that really have an impact using the Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis (PRISMA) Flow Diagram guidelines. The selected articles are then grouped per field for analysis. The results obtained in this SLR show that the field of education has become a trend in the application of AR in the last five years and is likely to continue in the following years, followed by applications in the fields of industry, retail, and marketing. The military field has great potential for the application of AR in the future, considering that, until the end of this research, the world security situation is still hot. The challenge faced in the world of education is the need for institutional support for teachers or lecturers and technology readiness, while in the industrial sector, there are challenges in choosing the right division for the application of AR without burdensome work. Finally, five points of advice were provided in this study for a more effective application of AR.

Keywords: *Application; AR; Augmented; Review; SLR.*

PENDAHULUAN

Augmented reality (AR) adalah teknologi yang mengintegrasikan objek yang dihasilkan komputer dengan dunia nyata dan menyediakan interaksi *real-time* [1]. Penelitian dan pengembangan AR telah mengalami kemajuan pesat dalam beberapa dekade terakhir, mulai dari kelengkapan laboratorium penelitian hingga tersedianya perangkat *user* yang luas. Diawali sejak awal tahun 1960-an, kini *hardware*-nya menjadi semakin canggih dan telah tersedia dalam bentuk *mobile*, selain itu ditinjau dari sisi akurasi, kualitas grafis, dan ukuran maka AR telah mencapai hasil yang memuaskan, dan bertumbuh pesat dalam pengadopsian teknologinya [2]. AR telah diterapkan dan dikaji hasilnya di berbagai bidang dalam 5 tahun terakhir mulai tahun 2019 hingga 2023, antara lain di bidang pendidikan [3], pariwisata [4], industri [5], robotika [6], pemasaran [7], kesehatan [8], komputasi [9], dan sejarah [10].

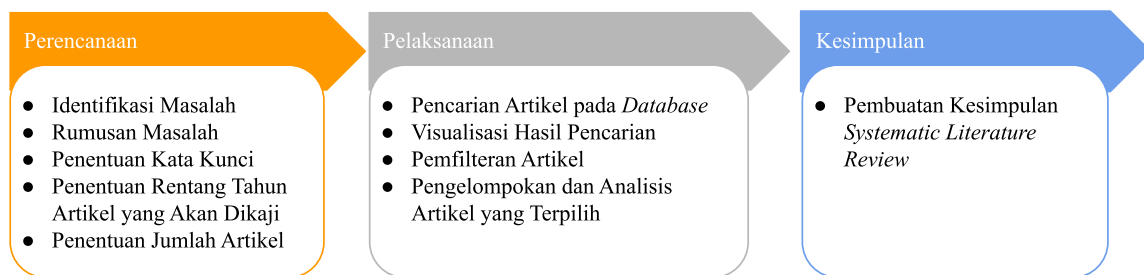
Systematic literature review (SLR) adalah proses yang memungkinkan pengumpulan bukti relevan mengenai topik tertentu yang sesuai dengan kriteria kelayakan yang telah ditentukan sebelumnya dan untuk mendapatkan jawaban atas pertanyaan penelitian yang dirumuskan. Meta-analisis memerlukan penggunaan metode statistik yang dapat bersifat deskriptif dan/atau inferensial untuk merangkum data dari beberapa penelitian mengenai topik tertentu yang diminati. Teknik-teknik ini membantu menghasilkan pengetahuan dari berbagai penelitian baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Metode yang biasa memiliki empat langkah dasar: pencarian, yaitu mendefinisikan string pencarian dan jenis database; penilaian, yaitu inklusi dan eksklusi literatur yang telah ditentukan sebelumnya, dan kriteria penilaian kualitas; sintesis, yaitu mengekstraksi dan mengkategorikan data; dan analisis, yaitu meriwayatkan hasilnya dan akhirnya mencapai kesimpulan [11].

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tren penerapan AR di 5 tahun terakhir, kemudian melakukan prediksi terhadap potensi dan tantangan yang akan dihadapi di masa depan, serta mengajukan beberapa poin yang dapat digunakan sebagai saran penerapan AR yang lebih efektif untuk selanjutnya. Penelitian ini menggunakan beberapa *software* sebagai alat bantu penelitian, di antaranya adalah *software* Publish or Perish dan VOSviewer. Publish or Perish (PoP) adalah *software* yang ditujukan untuk analisis kutipan atau sitasi. *Software* ini dikembangkan oleh Profesor Anne Wil Harzing, seorang spesialis manajemen internasional di Universitas Melbourne dari Australia. PoP dapat digunakan untuk melakukan tinjauan pustaka

secara cepat untuk mengidentifikasi artikel dan/atau pakar yang paling banyak dikutip dalam bidang tertentu. PoP juga digunakan untuk mengidentifikasi apakah penelitian pernah dilakukan di bidang tertentu atau untuk mengevaluasi perkembangan literatur dalam topik tertentu dari waktu ke waktu [12], sedangkan VOSviewer adalah program komputer yang tersedia secara gratis yang dikembangkan untuk membuat dan melihat pemetaan bibliometrik. Berbeda dengan program komputer untuk pemetaan bibliometrik yang lain, VOSviewer berfokus pada representasi grafis dari peta bibliometrik. Fungsionalitas VOSviewer sangat berguna untuk menampilkan peta bibliometrik yang besar dengan cara yang mudah diinterpretasikan [13]. SLR yang dilakukan kali ini juga mengikuti pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis* (PRISMA) [14].

METODE PENELITIAN

Prosedur penelitian yang digunakan pada penelitian kali ini menggunakan tiga tahap dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Prosedur Penelitian

Tahap Perencanaan

Identifikasi Masalah

Penelitian awal di bidang AR didasarkan pada penggunaan head-mounted displays (HMD), namun dalam beberapa tahun terakhir ini telah terjadi peningkatan pesat dalam penggunaan perangkat AR *mobile*, dan telah berkembangnya *hardware* dan sensor yang lebih canggih. Adanya perangkat-perangkat yang baru ini telah menciptakan arah penelitian yang baru juga, dimana ruang lingkup dan metode yang digunakan juga telah mengalami pergeseran, sehingga diperlukan kajian baru secara sistematis untuk memprediksi tren AR di masa depan, dan bidang penerapan yang memiliki potensi yang besar dan ruang yang masih luas untuk diteliti.

Rumusan Masalah

Berdasarkan masalah yang telah diidentifikasi sebelumnya, maka masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

- Apa tren AR di masa kini?
- Bidang apa yang berpotensi besar dalam penerapan AR di masa depan?
- Apa tantangan AR di masa depan?
- Apa saran yang dapat disumbangkan pada penerapan AR di masa depan?

Penentuan Kata Kunci

Kata kunci untuk pencarian artikel perlu dibatasi agar pengkajian menjadi lebih fokus dan terarah. Penelitian ini menggunakan kata kunci: AR, *augmented reality*, dan application untuk dapat menjawab masalah yang telah dirumuskan.

Penentuan Rentang Tahun Artikel yang Akan Dikaji

Berkembang pesatnya teknologi AR telah menimbulkan pergeseran arah dan tren penelitian,

sehingga agar hasil penelitian relevan untuk digunakan maka perlu dibatasi rentang tahun artikel yang akan dikaji, yaitu 5 tahun terakhir dimulai dari tahun 2019 hingga tahun 2023.

Penentuan Jumlah Artikel

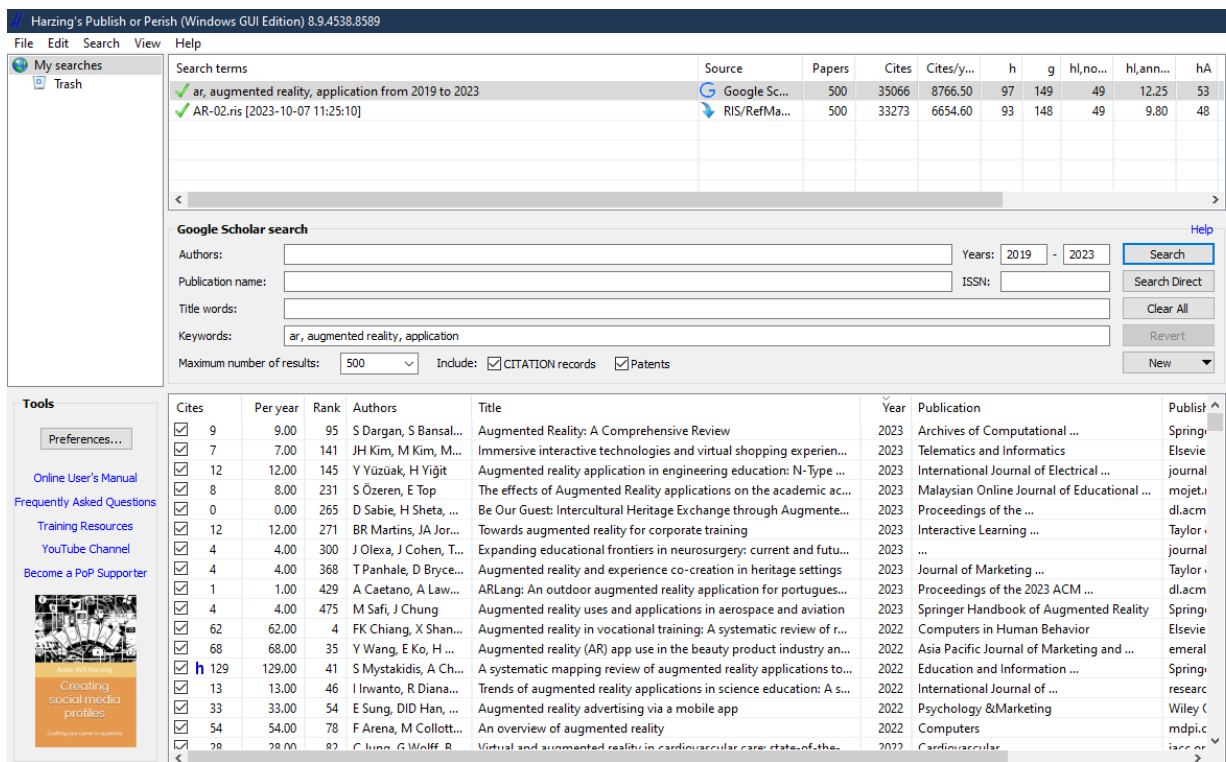
Penelitian ini menggunakan 500 artikel yang diambil menggunakan pengindeks database yaitu Google Scholar terkait dengan kata kunci yang telah diberikan. Google Scholar menghasilkan pencarian artikel yang lebih luas dibandingkan dengan pencarian dari database Scopus, Web of Science (WoS) ataupun PubMed. Tujuannya untuk menjaring artikel-artikel yang mempunyai dampak penting yang berasal tidak terbatas dari database-database tersebut saja, tetapi juga dari DOAJ, Elsevier, Springer, Taylor & Francis, dan Wiley Online Library, serta tidak dibatasi oleh keharusan akan kepemilikan akun-akun tertentu, sehingga penelitian ini juga dapat diikuti dan ditinjau ulang oleh semua kalangan dan tingkat peneliti.

HASIL

Hasil dari kajian ini didapatkan dari setiap tahap pelaksanaan yang dilakukan untuk mendapatkan artikel yang akan digunakan untuk SLR.

Pencarian Artikel pada Database

Pencarian 500 artikel dalam rentang waktu 2019 hingga 2023 dengan kata kunci: ar, augmented reality, dan application pada pengindeks database Google Scholar dilakukan menggunakan alat bantu berupa software Publish or Perish dari Harzing. Pencarian ini menghasilkan artikel-artikel dari seluruh dunia lengkap dengan jumlah jumlah sitasi per artikel, sitasi per-tahun, peringkat, tahun, penerbit, judul dan abstraknya, dimana dapat dilihat pada Gambar 2.



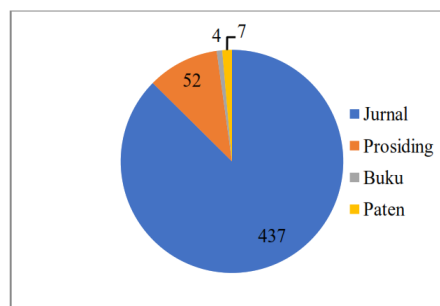
Gambar 2 Pencarian Artikel dengan Harzing’s Publish or Perish

Pencarian menghasilkan 500 artikel yang bila dikelompokkan sesuai tahun terbitnya dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan jenis artikel dapat dilihat pada diagram pada Gambar 3.

Pencarian melalui pengindeksan Google Scholar juga mempunyai kelebihan dapat menjaring artikel-artikel yang diterbitkan oleh penerbit yang berkualitas dan diakui oleh dunia. Hasil pencarian bila dikelompokkan menurut penerbitnya dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 1 Jumlah Artikel Berdasarkan Tahun Terbit

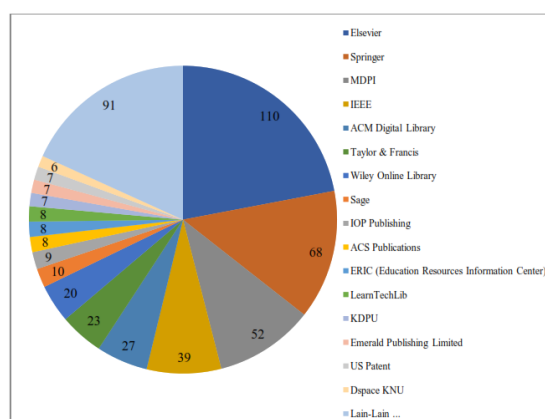
Tahun Terbit	Jumlah Artikel
2019	168
2020	158
2021	115
2022	49
2023 (hingga Oktober)	10



Gambar 3 Jenis Artikel Hasil Pencarian

Visualisasi Hasil Pencarian

Data hasil pencarian yang dilakukan menggunakan *software* Publish or Perish, disimpan dalam format *Research Information Systems (RIS) Reference Manager*, untuk kemudian divisualisasikan keterkaitan antar bidang yang dibahas dan ditemukan dalam artikel-artikel tersebut, melalui alat bantu berupa *software* VOSviewer. Tampilan hasil visualisasi dapat dilihat pada Gambar 5.

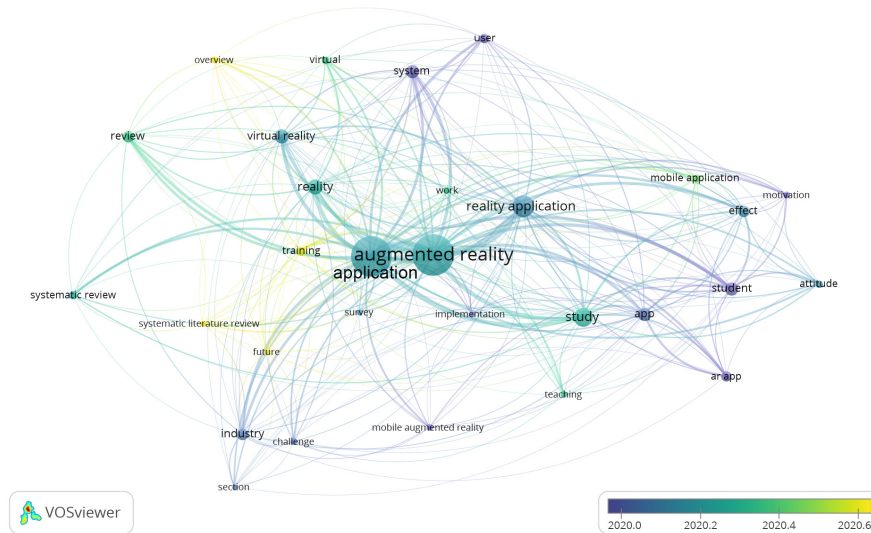


Gambar 4 Hasil Pencarian Artikel Berdasarkan Penerbit

Ukuran bulatan pada Gambar 5 menunjukkan seberapa banyak suatu bidang atau objek telah diteliti, garis-garis menunjukkan keterkaitan antar bidang, jarak antar bulatan menunjukkan seberapa dekat keterkaitannya, dan warna yang terang menunjukkan bidang atau lingkup yang lebih baru. Gambar tersebut menjelaskan bahwa AR dan penerapannya menjadi sesuatu yang sangat dekat dan berkaitan, dimana digambarkan dengan bulatan yang berukuran sama besar dan berjarak sangat dekat.

Bidang penerapan AR yang paling banyak adalah di bidang *study* atau pembelajaran, yang berkaitan dengan *teaching*, *student*, *app*, dan *mobile application*. Dalam bidang pembelajaran ini dapat terlihat bahwa *teaching* berwarna lebih terang daripada *student* dan *mobile application* berwarna lebih terang daripada *app*, sehingga terjadi perluasan fokus objek penelitian yang semula kepada siswa meluas kepada pengajar, dan penggunaan aplikasi yang berkembang ke arah *mobile*.

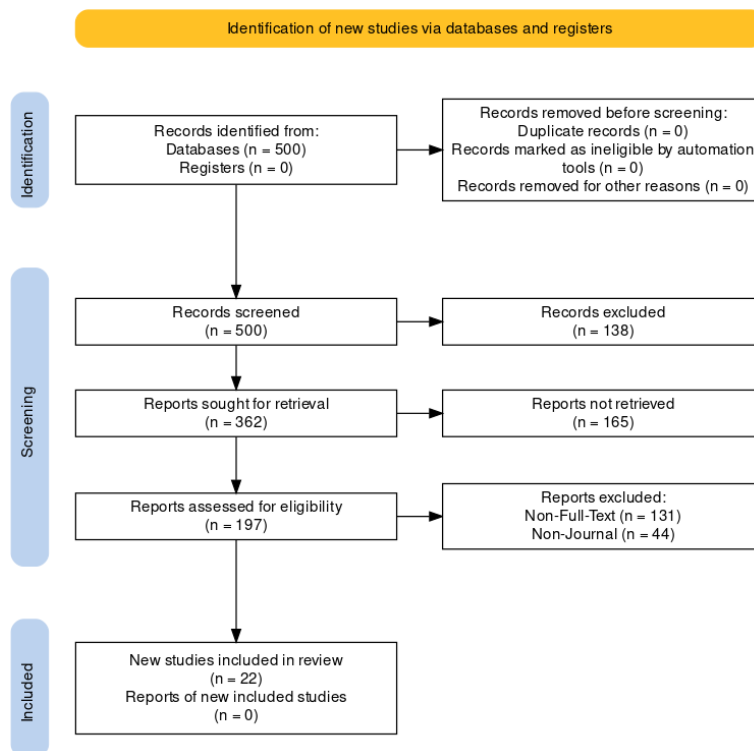
Bidang lain yang masih muncul penerapannya adalah di bidang industri, walaupun bulatannya berukuran kecil dan berwarna gelap. Bulatan yang paling berwarna terang yaitu kuning menunjukkan bahwa bidang ini masih baru dan berpotensi untuk dilanjutkan dan dikembangkan penelitiannya, yaitu pada bidang *training*, *systematic literature review*, *future* dan *overview*.



Gambar 5 Visualisasi Data dengan VOSviewer

Pemfilteran Artikel

Artikel yang telah dapat dipolakan pada tahap visualisasi untuk selanjutnya perlu dilakukan pemfilteran melalui proses seleksi, evaluasi, dan eksklusi menggunakan pedoman *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis (PRISMA) flow diagram* [14]. Sejumlah 500 artikel dimasukkan di tahap *identification*, tanpa kecuali karena tidak ditemukan duplikasi artikel, tidak otomatis disisihkan oleh *software* Publish or Perish.



Gambar 6. Pemfilteran Artikel dengan PRISMA Flow Diagram

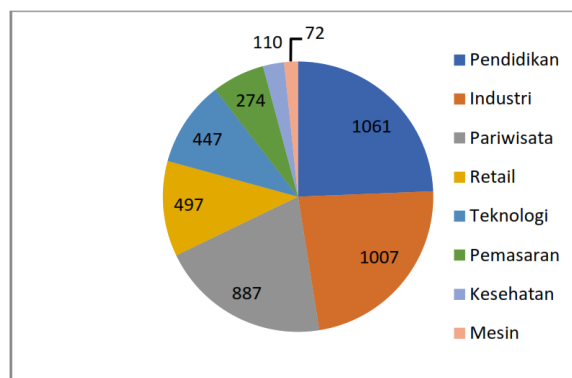
Beberapa artikel disisihkan pada tahap *screening*, dimana penelitian ini fokus untuk mengkaji artikel-artikel yang benar-benar memiliki dampak, maka sebanyak 138 artikel disisihkan karena tidak dipublikasikan oleh penerbit yang masuk ke peringkat 10 besar pada Gambar 4 sehingga

menjadi 362 artikel kemudian juga disisihkan sejumlah 165 artikel tidak masuk ke peringkat 5 besar jumlah sitasi berdasarkan kelompok tahun, sehingga tersisa 197 artikel. Proses *screening* tidak berhenti di sini, sejumlah 131 artikel juga disisihkan karena tidak dapat diakses *full-text*-nya dan menyisihkan 44 buah artikel non-jurnal yaitu artikel yang berasal dari konferensi atau prosiding, buku dan paten sehingga jumlah akhir artikel yang akan dikaji secara mendalam tinggal sejumlah 22 artikel, dan tidak ada lagi artikel yang ditambahkan dengan alasan tertentu. Tahapan PRISMA *flow diagram* proses ini dapat dilihat pada Gambar 6.

Pengelompokan dan Analisis Artikel yang Terpilih

Sejumlah 22 artikel dikelompokkan berdasarkan bidang kajiannya pada Tabel 2. Pengelompokan ini bertujuan untuk mengetahui bidang mana paling banyak disitasi oleh para peneliti.

Berdasarkan Tabel 2 maka dibuatlah diagram lingkaran untuk memvisualisasikan data jumlah sitasi per bidang kajian AR. Diagram tersebut dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Diagram Bidang Kajian Penelitian AR yang Paling Banyak Disitasi

Berikut ini adalah rangkuman hasil penelitian terkini atau *State of the Art* terkait penerapan AR yang telah dikelompokkan per bidang kajian:

Bidang Pendidikan

Juan Garzón, Juan Pavón, dan Silvia Baldiris pada tahun 2019 melakukan tinjauan literatur dari 61 penelitian yang diterbitkan antara tahun 2012 dan 2018 di jurnal ilmiah dan prosiding konferensi [3]. Hasilnya menunjukkan bahwa AR mempunyai pengaruh sedang terhadap efektivitas pembelajaran ($d = 0,64$, $p < 0,001$). Keuntungan yang paling banyak didapatkan dari penerapan sistem AR dalam pendidikan adalah peningkatan dalam pengetahuan atau *learning gain* dan motivasi.

María Blanca Ibáñez, Aldo Uriarte Portillo, Ramón Zatarain Cabada, María Lucía Barrón pada tahun 2020 meneliti dampak AR terhadap prestasi akademik dan motivasi siswa dari sekolah negeri dan swasta di Meksiko [15]. Aplikasi AR dirancang untuk mempraktikkan prinsip-prinsip dasar geometri, dan aplikasi serupa yang mencakup tujuan pembelajaran dan konten serupa yang diterapkan dalam lingkungan pembelajaran berbasis Web. Desain faktorial $2 \times 2 \times 2$ digunakan dengan 93 peserta untuk menyelidiki pengaruh jenis teknologi (web, *augmented reality*), jenis sekolah (swasta, negeri), dan waktu penilaian (pra, pasca) terhadap motivasi, dan pembelajaran deklaratif. Hasilnya terdapat pengaruh yang positif, siswa yang menggunakan pembelajaran berbasis AR mendapat nilai post-test lebih tinggi dibandingkan aplikasi berbasis web, pembelajaran dengan AR lebih efektif di sekolah negeri dibandingkan di sekolah swasta, tetapi siswa dari sekolah swasta memperoleh tingkat motivasi yang lebih tinggi dibandingkan yang dari sekolah negeri.

Tabel 2 Pengelompokan Artikel Berdasarkan Bidang Kajian

Bidang	Penulis (Tahun)	Judul	Sitasi
Pendidikan	J Garzón, J Pavón, S Baldiris (2019)	<i>Systematic Review and Meta-Analysis of Augmented Reality in Educational Settings</i>	393
	MB Ibáñez, AU Portillo, RZ Cabada, ML Barrón (2020)	<i>Impact of Augmented Reality Technology on Academic Achievement and Motivation of Students from Public and Private Mexican Schools. A Case Study in A Middle-School Geometry Course</i>	174
	J Jang, Y Ko, WS Shin, I Han (2021)	<i>Augmented Reality and Virtual Reality for Learning- An Examination Using an Extended Technology Acceptance Model</i>	119
	M Sirakaya, D Alsancak Sirakaya (2022)	<i>Augmented Reality in STEM Education: A Systematic Review</i>	174
	S Shen, K Xu, M Sotiriadis, Y Wang (2022)	<i>Exploring The Factors Influencing The Adoption and Usage of Augmented Reality and Virtual Reality Applications in Tourism Education within The Context of COVID-19 Pandemic</i>	70
	BR Martins, JA Jorge, ER Zorzal (2023)	<i>Towards Augmented Reality for Corporate Training</i>	12
	Industri	T Masood, J Egger (2019)	<i>Augmented Reality in Support of Industry 4.0—Implementation Challenges and Success Factors</i>
Z Makhataeva, HA Varol (2020)		<i>Augmented Reality for Robotics A Review</i>	154
J Egger, T Masood (2020)		<i>Augmented Reality in Support of Intelligent Manufacturing—A Systematic Literature Review</i>	280
CK Sahu, C Young, R Rai (2021)		<i>Artificial Intelligence (AI) in Augmented Reality (AR)-Assisted Manufacturing Applications: A Review</i>	125
E Laviola, M Gattullo, VM Manghisi, M Fiorentino, AE Uva (2022)		<i>Minimal AR: Visual Asset Optimization for The Authoring of Augmented Reality Work Instructions in Manufacturing</i>	71
Pariwisata	R Yung, C Khoo-Lattimore (2019)	<i>New Realities: A Systematic Literature Review on Virtual Reality and Augmented Reality in Tourism Research</i>	708
	EE Cranmer, MC tom Dieck, P Fountoulaki (2020)	<i>Exploring the Value of Augmented Reality for Tourism</i>	175
	T Panhale, D Bryce, E Tsoungkou (2023)	<i>Augmented Reality and Experience Co-Creation in Heritage Settings</i>	4
Retail	G McLean, A Wilson (2019)	<i>Shopping in the Digital World Examining Customer Brand Engagement through Augmented Reality Mobile Applications</i>	375
	SR Nikhashemi, HH Knight, K Nusair, CB Liat (2021)	<i>Augmented Reality In Smart Retailing: A (n) (A) Symmetric Approach to Continuous Intention to Use Retail Brands Mobile AR Apps</i>	122
Teknologi	GA Koulouris, K Akşit, M Stengel, R. K. Mantiuk, K. Mania, C. Richardt (2019)	<i>Near-Eye Display and Tracking Technologies for Virtual and Augmented Reality</i>	193
	Y Siriwardhana, P Porambage, M Liyanage, M Ylianttila (2021)	<i>A Survey on Mobile Augmented Reality With 5G Mobile Edge Computing- Architectures, Applications, and Technical Aspects</i>	317
	V Kohli, U Tripathi, V Chamola, BK Rout, Salil S. Kanhere (2022)	<i>A Review on Virtual Reality and Augmented Reality Use-Cases of Brain Computer Interface Based Applications for Smart Cities</i>	56
Pemasaran	M Wedel, E Bigné, J Zhang (2020)	<i>Virtual and Augmented Reality: Advancing Research in Consumer Marketing</i>	274
Kesehatan	AJ Lungu, W Swinkels, L Claesen, P Tu, J Egger & X Chen (2021)	<i>A Review on the Applications of Virtual Reality, Augmented Reality and Mixed Reality in Surgical Simulation- An Extension to Different Kinds of Surgery</i>	110
Mesin	SM Hasan, K Lee, D Moon, S Kwon, S Jinwoo & S Lee (2022)	<i>Augmented Reality and Digital Twin System for Interaction with Construction Machinery</i>	72

Jaehong Jang, Yujung Ko, Won Sug Shin, Insook Han pada tahun 2021 meneliti kemauan guru untuk mengintegrasikan teknologi AR dan VR untuk praktik belajar mengajar [16]. Dengan *extended Technology Acceptance Model* (eTAM), penelitian ini menyelidiki apakah *technological pedagogical and content knowledge* (TPACK), *social norm* (SN), dan *motivational support* (MS) untuk guru mempengaruhi niat guru untuk menggunakan teknologi. Analisis dari 292 tanggapan guru mendukung delapan hipotesis yang dirumuskan dalam penelitian ini. TPACK ditemukan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap *perceived usefulness* (PU) dan *perceived ease of use* (PEU) sedangkan SN mempengaruhi PU. MS mempunyai pengaruh terhadap PEU, yang akhirnya mempengaruhi *attitudes toward technology use* (ATU) dan kemudian *behavioral intention* (BI). Hasilnya menyimpulkan bahwa pentingnya menyediakan pengembangan *professional development* (PD) dan dukungan bagi guru untuk menyarankan penggunaan AR dan VR di ruang kelas.

Mustafa Sirakaya, Didem Alsancak Sirakaya pada tahun 2022 melakukan *systematic review* terhadap AR di pendidikan *Science, Technology Engineering and Mathematic* (STEM) [17]. Penelitian ini mengkaji 42 artikel yang diterbitkan di jurnal yang terindeks di database SSCI. Hasilnya pembelajaran menjadi lebih signifikan dan intensif, walaupun ada beberapa tantangan yang dihadapi, antara lain adanya penolakan guru dan masalah teknis.

Shiwei Shen, Kexin Xu, Marios Sotiriadis, dan Yuejiao Wang pada tahun 2022 meneliti faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi dan penerapan AR dan VR dalam pendidikan tentang pariwisata di masa pandemi COVID-19, berdasarkan landasan teori *Technology Acceptance Model* (TAM) [18]. Populasi sampel terdiri dari 604 pelajar Tiongkok dan pengumpulan data dilakukan selama bulan Februari 2021. Data dianalisis menggunakan PLS-SEM. Temuan menunjukkan bahwa manfaat yang dirasakan, motivasi hedonis, dan nilai harga merupakan faktor prediksi penting bagi adopsi dan penggunaan aplikasi ini oleh pelajar Tiongkok. Temuan ini berkontribusi pada perluasan teori TAM dan penerapan teknologi digital yang efektif di lingkungan universitas.

Bruno R. Martins, Joaquim A. Jorge, dan Ezequiel R. Zorzal pada tahun 2023 melakukan SLR terhadap penerapan AR pada pendidikan non formal berupa pelatihan di perusahaan [19]. Sejumlah 1952 artikel ditinjau untuk sintesis kualitatif dan dipilih 60 artikel untuk dikaji dalam penelitian ini. Survei menunjukkan sejumlah besar 41,7% lamaran berfokus pada pelatihan otomotif dan medis, 20% publikasi menggunakan layar kamera dengan perangkat tablet, sementara 40% mengacu pada layar yang dipasang di kepala, dan 45% pendekatan yang disurvei mengadopsi pelacakan berbasis *marker*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa publikasi tentang AR untuk pelatihan perusahaan meningkat secara signifikan dalam beberapa tahun terakhir. AR telah digunakan di banyak bidang, menunjukkan kualitas yang tinggi dan memberikan pendekatan yang layak untuk digunakan dalam pelatihan On-The-Job.

Bidang Industri

Tariq Masood dan Johannes Egger pada tahun 2019 meneliti tentang dukungan AR terhadap era industri 4.0, tantangan pada penerapannya dan faktor kesuksesannya [5]. Penelitian ini menggunakan kerangka *technological, organizational, and environmental contexts* (TOE) untuk mengetahui pengaruh berbagai faktor terhadap keberhasilan implementasi AR. Kesimpulan pada penelitian ini adalah: AR adalah bagian penting dari inisiatif industri 4.0, konteks teknologi dan kesesuaian organisasi merupakan faktor kunci keberhasilan penerapan AR, hambatan pengguna dan dukungan eksternal tidak berpengaruh signifikan terhadap keberhasilan penerapan AR, meskipun aspek teknologi itu penting, namun permasalahan organisasi lebih relevan bagi industri.

Zhanat Makhataeva dan Huseyin Atakan Varol pada tahun 2020 mengungkapkan bahwa AR adalah teknologi yang sedang tren di era Industri 4.0, dimana berbagai perangkat robotik dalam proses industri dapat berkomunikasi secara nirkabel dan manusia dapat melihat status robot dan melakukan kegiatan operasional melalui visualisasi tingkat lanjut [6]. Arus informasi akan didominasi oleh robot dimana tampilan visualisasi, sistem kamera canggih, dan pelacakan gerakan serta algoritma baru dan paket perangkat lunak di bidang *computer vision* membuat perubahan menjadi lebih cepat. Tantangannya adalah perangkat *wearable* saat ini memiliki bidang pandang yang terbatas, stabilitas pelacakan yang buruk, terutama jika terdapat oklusi, dan *user interface* yang kasar selama berinteraksi dengan konten 3D di lingkungan dengan skala yang diperbesar.

Johannes Egger dan Tariq Masood pada tahun 2020 melalui penelitiannya menyatakan bahwa AR sudah digunakan di beberapa wilayah di daerah Eropa dan Asia, meskipun AR belum siap untuk digunakan dalam industri di beberapa wilayah yang lain [20]. Perusahaan sedang menguji dan menerapkan solusi AR untuk berbagai aplikasi. *User interface* dan interaksi pengguna terbukti menjadi salah satu masalah utama. Penelitian di masa depan perlu fokus pada aplikasi manufaktur AR yang cerdas dan perlu berpusat kepada pengguna agar penerimaan dari sisi pengguna tidak menghambat efisiensi dari teknologi itu sendiri.

Chandan K. Sahu, Crystal Young, dan Rahul Rai pada tahun 2021 mengkaji peran dan potensi *artificial intelligence* (AI) pada AR dalam penerapannya di industri manufaktur [21]. Kesimpulan yang diambil adalah metode berbasis AI mampu disesuaikan ke dalam sistem AR dengan cara yang lebih fleksibel baik melalui *deep neural network* (DNN) atau melalui sistem pakar berbasis AI. Adaptasi dari sistem AR ini memungkinkan operator bekerja di lingkungan industri manufaktur dengan produktivitas tertinggi. Penggunaan metode *clustering* berbasis *deep learning* (DL) pada optimasi layout dapat dimanfaatkan untuk visualisasi data sistem AR yang lebih baik. Menampilkan informasi yang ringkas kepada operator melalui antarmuka yang intuitif akan mengurangi beban kognitif dan meningkatkan efisiensi. Keterbatasan utama mencakup masalah penanganan big data AI dalam sistem AR dan masalah organisasi yang lebih besar seperti keselamatan, peraturan, dan kepercayaan terhadap teknologi AI, namun potensi manfaat dari aplikasi manufaktur berbasis AR dengan AI jauh lebih besar daripada keterbatasan tersebut.

Enricoandrea Laviola, Michele Gattullo, Vito Modesto Manghisi, Michele Fiorentino, dan Antonio Emmanuele Uva pada tahun 2022 membuat aplikasi “Minimal AR” untuk mengoptimalkan aset visual yang digunakan dalam antarmuka AR untuk menyampaikan instruksi kerja di bidang industri manufaktur [22]. Pengujian dilakukan melalui studi pengguna yang melibatkan 40 pengguna pada empat tugas perakitan berbasis LEGO dengan tingkat kebutuhan informasi yang semakin ditingkatkan. Hasilnya dapat digunakan sebagai pedoman untuk desain dokumentasi teknis AR di masa depan untuk menghindari informasi dan tulisan yang berlebihan.

Bidang Pariwisata

Ryan Yung dan Catherine Khoo-Lattimore pada tahun 2019 melakukan SLR mengenai penelitian VR/AR di bidang pariwisata [4]. Hasilnya menunjukkan bahwa pemasaran dan pendidikan pariwisata adalah konteks yang paling umum. Masalah muncul dengan adanya heterogenitas dalam penggunaan terminologi, selain itu kesenjangan atau tantangan juga teridentifikasi terjadi pada kesadaran akan teknologi, manfaat, dan komitmen waktu.

Eleanor E. Cranmer, M. Claudia Tom Dieck, dan Paraskevi Fountoulaki pada tahun 2020 mengeksplorasi nilai AR bagi perusahaan industri pariwisata dari sudut pandang para ahli pariwisata [23]. Dengan pendekatan kualitatif dan eksploratif studi ini melakukan 15

wawancara dengan pakar pariwisata untuk mengeksplorasi dimensi nilai AR spesifik pada pariwisata. Wawancara dianalisis dengan analisis tematik. Penelitian ini mengungkapkan lima dimensi nilai di antaranya pemasaran, ekonomi, pariwisata, epistemik dan organisasi. Penelitian ini menemukan bahwa pada industri pariwisata saat ini faktor nilai AR yang paling kuat adalah pada dimensi pemasaran, walaupun ada perbedaan yaitu para pelaku bisnis perhotelan menempatkan dimensi nilai pariwisata sebagai hal yang paling penting, biro perjalanan *online* sangat mementingkan nilai organisasi dan ekonomi, sedangkan penyedia tur muncul sebagai pihak yang paling tertarik dengan nilai pemasaran dan nilai organisasi.

Tanvi Panhale, Derek Bryce, dan Eleni Tsoungkou pada tahun 2023 mengeksplorasi cara penyedia layanan pariwisata berbasis warisan budaya memanfaatkan AR sebagai media interpretasi yang mendorong para pengunjung ikut serta dalam mengkreasi AR sehingga menciptakan pengalaman bersama di antara mereka [10]. Berdasarkan wawancara terhadap para pakar warisan budaya yang fokus pada elemen pengalaman virtual dan fisik saat merancang AR, terungkap ada lima teknik yang digunakan untuk memfasilitasi kreasi pengalaman bersama melalui AR, yaitu: interaksi sosial, personalisasi, penceritaan, gamifikasi, dan partisipasi, dimana faktor manusia tetap diperlukan, contohnya sebagai kurator atau pemandu. Penelitian ini juga menyimpulkan bahwa aplikasi AR yang tidak menyertakan elemen yang dapat memfasilitasi pengalaman bersama dalam pembuatannya ternyata menciptakan pengalaman pasif, yang menurut para ahli merupakan kelemahan dan kegagalan dalam memanfaatkan teknologi secara tepat.

Bidang Retail

Graeme McLean dan Alan Wilson pada tahun 2019 meneliti variabel-variabel yang mempengaruhi keterlibatan merek terhadap pelanggan melalui aplikasi retail AR berbasis *mobile* [1]. Survei dilakukan terhadap 441 konsumen dengan beberapa atribut, yaitu faktor kebaruan AR, interaktivitas AR, dan kejelasan fungsi AR serta apa pengaruhnya pada penerimaan teknologi dari persepsi kemudahan penggunaan, manfaat, kenyamanan dan penilaian secara subjektif. Hasilnya adanya peningkatan kepuasan pada pengalaman penggunaan aplikasi dengan fitur AR dibandingkan yang tidak, dan peningkatan intensi penggunaan merek di masa depan. Ditemukan juga bahwa faktor kebaruan konten dari AR tidak berpengaruh secara signifikan pada penilaian subjektif dari pelanggan saat ini, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut.

S.R. Nikhashemi, Helena H. Knight, Khaldoon Nusair, dan Cheng Boon Liat pada tahun 2021 melakukan penelitian dengan tujuan mengembangkan model teoritis yang komprehensif dimana menunjukkan jalur sebab akibat dari rangkaian atribut AR tertentu kepada niat secara berkelanjutan untuk menggunakan aplikasi belanja berbasis AR dan kesediaan pelanggan untuk membayar harga premium melalui aplikasi tersebut di lingkungan retail cerdas [24]. Pengujian dilakukan pada efek AR dalam penggunaan aplikasi belanja berbasis AR dan pembayaran harga premium, dengan menggabungkan peran persepsi manfaat dari pelanggan, inspirasi psikologis, dan keterlibatan melalui satu atau banyak pendekatan simetris. Hasilnya bahwa pelanggan yang terbujuk untuk terlibat dengan aplikasi belanja berbasis AR karena manfaat hedonis dan utilitarian lebih cenderung membayar harga premium melalui aplikasi AR, dan terus menggunakan aplikasi tersebut, tetapi terdapat memperkenalkan missing link antara keterlibatan aplikasi belanja AR dan inspirasi psikologis sebagai motivasi pelanggan terkait hal tersebut.

Bidang Teknologi

George Alex Koulieris, Kaan Akşit, Michael Stengel, Rafał K. Mantiuk, Katerina Mania, dan Christian Richardt pada tahun 2019 meneliti kinerja teknologi *Near-Eye Display* yang berupa

perangkat layar penampil yang diletakkan di dekat mata dan teknologi pelacakan (*tracking*) pada aplikasi VR dan AR terhadap sistem visual manusia dan tantangannya terkait ergonomi, kenyamanan, kualitas visual, dan interaksi yang alami [25]. Hasilnya ditemukan adanya konflik Vergence– Accommodation yaitu masalah ergonomis yang terkait dengan kelelahan penonton karena bidang fokus yaitu layar yang tetap, sedangkan gerakan vergensi mata terjadi secara terus menerus ketika memadukan konten stereoskopis. Solusinya adalah dengan menerapkan kalibrasi data pengguna dengan perangkat secara otomatis, yang didasarkan pada data profil pengguna, dan dapat mengaktifkan tampilan yang ramah pengguna ketika didapatkan data biometrik mata dari mereka, tetapi keamanan dan privasi harus dijaga untuk mencegah pencurian identitas.

Yushan Siriwardhana, Pawani Porambage, Madhusanka Liyanage, Mika Ylianttila pada tahun 2021 melakukan tinjauan terhadap aplikasi *Mobile Augmented Reality* (MAR) di era teknologi komunikasi 5G dan keterkaitan teknologi Multi-access Edge Computing (MEC) sebagai pelengkapannya [9]. Arah di masa depan fokus di bidang komunikasi, manajemen mobilitas, manajemen energi, layanan *offloading*, layanan migrasi, keamanan dan privasi. Kesimpulannya adalah aplikasi MAR di masa depan akan dapat memberikan nilai tambah pada berbagai domain aplikasi dengan meningkatkan kualitas pengalaman pengguna yang harus didukung oleh formulasi jaringan yang berbeda, seperti arsitektur berbasis *cloud*, berbasis *edge*, *localized*, dan *hybrid*. *Bandwidth* yang besar, *latency* yang sangat rendah, dan konektivitas masif yang dimiliki oleh sistem 5G di masa depan sangat berpotensi bagi penggunaan aplikasi MAR yang dilengkapi dengan teknologi MEC.

Varun Kohli, Utkarsh Tripathi, Vinay Chamola, Bijay Kumar Rout dan Salil S. Kanhere pada tahun 2022 melakukan tinjauan terhadap teknologi *Brain Computer Interfaces* (BCI) dan *Extended Reality* (XR) dimana XR merupakan bidang yang mencakup *Virtual Reality* (VR), *Augmented Reality* (AR) dan *Mixed Reality* (MR) [26]. Hasil ulasannya adalah, *Electroencephalography* (EEG) merupakan metode resolusi terendah yang dapat digunakan pada BCI untuk membaca aktivitas otak. Metode semi-invasif yang digunakan oleh Neuralink terbukti memberikan hasil yang lebih baik di semua penerapan BCI saat ini dan ke depannya. Kemungkinan menjadi terbuka untuk mencapai simbiosis dengan AI. Senjata yang dikendalikan BCI sudah tidak terdeteksi radar, sehingga pelatihan perang bagi prajurit berbasis BCI-VR dapat menjadi suatu penerapan yang penting di masa depan di bidang pertahanan dan keamanan. Penggunaan VR dan BCI dapat membuat dokter spesialis dapat diakses di mana saja, tanpa memerlukan peralatan fisik atau gerakan tangan apapun. Pemikiran dan sinyal yang dilacak BCI berpotensi membuka jalan bagi *neuro-marketing*, sebuah teknik pemasaran yang sangat bertarget yang pasti akan mengubah masa depan promosi yang interaktif dan prediktif. BCI-VR dapat membantu pembuatan *inventory-less shopping* sehingga pengguna dapat berbelanja kapanpun. *Neuro-gaming* dapat memberikan pengalaman bermain *game* yang imersif dan *hands-free*. BCI-VR akan membuat orang merasakan lingkungan imersif yang baru dari yang pernah ada sebelumnya, baik untuk urusan kemewahan maupun hiburan.

Bidang Pemasaran

Michel Wedel, Enrique Bigné, Jie Zhang pada tahun 2020 meneliti perkembangan aplikasi VR/AR di bidang pemasaran dan mengusulkan kerangka konseptual yang berpusat pada pengalaman konsumen yang diberikan oleh aplikasi VR/AR sepanjang pengalaman pelanggan dan efektivitas aplikasi tersebut, serta mempelajari konsep-konsep utama dan komponen kerangka kerjanya [7]. Hasilnya, percobaan yang dilakukan di lingkup VR, AR atau MR dapat menawarkan realisme serupa namun lebih hemat biaya, rahasia, dan dapat dengan mudah ditingkatkan untuk mengatasi masalah dalam dimensi besar pemasaran, taktik dan masalah

strategis, seperti pemilihan produk, positioning produk, branding dan re-branding, personalisasi konten pemasaran, penetapan harga produk, serta tata letak dan desain toko.

Bidang Kesehatan

Abel J. Lungu, Wout Swinkels, Luc Claesen, Puxun Tu, Jan Egger dan Xiaojun Chen pada tahun 2021 melakukan review terhadap penerapan VR, AR dan MR dalam alat simulator bedah terkait dengan fidelitas, tingkat immersive, dan keseluruhan pengalaman dari penggunaan simulator tersebut. Kesimpulannya adalah masih ada ruang untuk perbaikan VR, AR, dan MR pada simulator bedah, Saat ini, implementasi interaksi dari *software* kurang realisme karena meningkatnya beban komputasi. Selain itu, penggunaan perangkat umpan balik haptic komersial mengurangi keakuratan simulator. Perangkat umpan balik haptic khusus diperlukan agar lebih menyerupai adegan bedah. Platform haptic seperti CHAI3D menerapkan algoritma rendering haptic dasar yang perlu disesuaikan dengan aplikasi yang dimaksudkan. Perpustakaan haptic dimana algoritma rendering haptic canggih saat ini untuk interaksi objek serta interaksi objek yang dapat dideformasi diperlukan untuk mempercepat pengembangan aplikasi VR, AR, dan MR untuk simulator bedah. Teknik pelacakan tanpa marker perlu dikembangkan, yang memungkinkan pengguna menerapkan AR dan MR ke dalam simulator bedah tanpa prosedur registrasi gambar yang membosankan. Terakhir, matrix evaluasi aplikasi khusus simulator bedah yang terstandarisasi diperlukan, karena hal ini memungkinkan perbandingan yang lebih adil antara simulator yang berbeda serta fokus pada aspek yang benar-benar penting terkait aplikasi yang ditargetkan.

Bidang Mesin

Syed Mobeen Hasan, Kyuhyup Lee, Daeyoon Moon, Soonwook Kwon, Song Jinwoo dan Seojoon Lee pada tahun 2022 meneliti pengoperasian mesin konstruksi dan pelacakan pekerjaan melalui Cyber-Physical System (CPS) dimana teknologi relevan yang diperlukan untuk menciptakan sistem dengan kemampuan tersebut adalah *Augmented Reality* (AR) dan Digital Twin (DT). Dua fitur penting dari CPS adalah pengetahuan dan pengontrol secara real-time, hal ini masing-masing ditangani oleh sensor dan pengontrol mikro, yang memungkinkan komunikasi dua arah antara model virtual dan objek fisik [27]. Hasilnya, pengendalian jarak jauh dan pelacakan/pemantauan mesin konstruksi dapat mempercepat proses tertentu di lokasi seperti pencatatan operasi dan BIM 4D, sekaligus meningkatkan presisi dan keselamatan dalam pengoperasian.

PEMBAHASAN

Penelitian tentang penerapan AR pada 5 tahun terakhir (2019-2023) paling banyak dilakukan di bidang pendidikan, disusul oleh penerapan di bidang industri, pariwisata, retail, teknologi, pemasaran, kesehatan dan mesin. Setiap bidang memiliki irisan penelitian dengan bidang yang lain. Bidang pendidikan memiliki irisan dengan industri dan mesin yaitu ketika AR digunakan untuk mengedukasi dan melatih karyawan pada perakitan mesin. AR juga diterapkan untuk mengedukasi pengunjung atau pelanggan di bidang pariwisata, selain itu juga digunakan untuk alat bantu edukasi di bidang kesehatan, contohnya untuk simulasi bedah. Bidang retail erat hubungannya dengan bidang pemasaran yang sama-sama menggunakan konsumen sebagai objek penerapan AR, dimana keberhasilan di kedua bidang ini tentu saja dapat mengangkat bidang industri di hulunya. Mayoritas penerapan AR di seluruh bidang mendapatkan hasil yang positif, terlepas adanya beberapa hambatan atau tantangan. Sebagian besar tantangan yang dihadapi di seluruh bidang tersebut adalah pada faktor pengetahuan dari sumber daya manusia (SDM) yang dimiliki dan faktor kesiapsediaan teknologi.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari *Systematic Literature Review* (SLR) ini bahwa terdapat potensi penerapan AR di masa depan yang kemungkinan besar masih akan berlanjut trennya di bidang pendidikan, dengan terbukti paling banyak diteliti dan diterapkan pada 5 tahun terakhir, mengingat pendidikan merupakan dasar dari semua perkembangan dan kemajuan dunia yang diharapkan bersama oleh semua orang, Kemungkinan juga penerapan AR di bidang industri, retail dan pemasaran juga masih banyak diminati, menyusul tren di bidang pendidikan. Dengan melihat pola meningkatnya penelitian dan penerapan AR di bidang kesehatan pada tahun 2019-2020 akibat adanya pandemi COVID-19, maka tidak menutup kemungkinan akan meningkat pula penerapan AR di bidang militer, mengingat faktor pertahanan dan keamanan di dunia pada akhir bulan Oktober 2023 ketika tinjauan penelitian ini dibuat, suhunya masih tetap panas dan belum menunjukkan indikasi akan reda dalam waktu dekat. Selain itu tantangan di masa depan dalam penerapan AR di bidang pendidikan adalah dukungan pihak institusi terhadap guru atau pengajar dalam upayanya untuk menambah pengetahuan terkait AR dan penggunaan teknologi AR dalam pengajaran, serta kesiapsediaan teknologi yang mendukung AR itu sendiri, karena dalam kurun waktu 5 tahun terakhir ini, yaitu tahun 2019-2023 terdapat penolakan guru akibat kurang adanya sarana penerapan teknologi AR. Tantangan di bidang industri adalah pemilihan divisi yang tepat dalam penerapan AR, selain di bagian perakitan yang selama ini dilakukan. Diperlukan penelitian lebih lanjut terkait pemilihan divisi ini, agar pekerjaan menjadi lebih efektif dan efisien tanpa menambah beban lebih dari pekerjaan itu sendiri. Tantangan di bidang-bidang yang lain adalah perlu adanya penelitian dan inovasi yang lebih banyak lagi di sub-bidang lain yang baru, mengingat jumlah penelitian dan penerapan AR di sub-bidang yang baru terus menurun setiap tahunnya, dimana dapat dilihat pada Tabel 1 meskipun penerapan AR di sub-bidang yang selama ini dilakukan terus meningkat, sedangkan tantangan di bidang teknologi adalah bagaimana mengembangkan teknologi AR seiring dengan perkembangan teknologi dan informasi yang ada, namun mudah dijangkau dan lebih ekonomis dari segi biaya pengadaan teknologi pendukung AR tersebut. Keberlanjutan AR ini memiliki beberapa saran yaitu perlu adanya dukungan institusi pendidikan dalam rencana penerapan AR dan kesiapsediaan teknologi pendukungnya. Perlu perluasan fokus penerapan pembelajaran berbasis AR yang objeknya tidak hanya untuk pelajar, tetapi juga ke pengajar atau gurunya, serta untuk pelatihan-pelatihan di bidang yang lain. Perlu adanya penggabungan antara teknologi AR dengan *Virtual Reality* (VR) dalam menciptakan *Mixed Reality* (MR) yang lebih banyak lagi. Perlu memperluas aplikasi AR ke dalam *platform* berbasis *mobile*, karena pengguna perangkat *mobile* terus meningkat setiap tahunnya. Perlu lebih banyak lagi dilakukan tinjauan pustaka secara sistematis atau *Systematic Literature Review* (SLR) terkait AR, tidak hanya pada satu bidang tertentu tetapi secara keseluruhan, sehingga dapat terlihat secara lebih luas dan utuh tingkat penerapan dan keefektifitasan AR yang telah dilakukan, dan dapat sebagai acuan pengambilan keputusan dan saran penerapan berikutnya di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. McLean and A. Wilson, "Shopping in The Digital World: Examining Customer Engagement through Augmented Reality Mobile Applications," *Comput. Human Behav.*, 2019, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563219302456>
- [2] A. Dey, M. Billinghamurst, R. W. Lindeman, and J. E. Swan, "A Systematic Review of 10 Years of Augmented Reality Usability Studies: 2005 to 2014," *Front. Robot. AI*, vol. 5, no. APR, 2018, doi: 10.3389/frobt.2018.00037.
- [3] J. Garzón, J. Pavón, and S. Baldiris, "Systematic Review and Meta-Analysis of Augmented Reality in Educational Settings," *Virtual Real.*, 2019, doi: 10.1007/s10055-019-00379-9.

- [4] R. Yung and C. Khoo-Lattimore, "New Realities: a Systematic Literature Review on Virtual Reality and Augmented Reality in Tourism Research," *Curr. issues Tour.*, 2019, doi: 10.1080/13683500.2017.1417359.
- [5] T. Masood and J. Egger, "Augmented Reality in Support of Industry 4.0—Implementation Challenges and Success Factors," *Robot. Comput. Integr. Manuf.*, 2019, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0736584518304101>
- [6] Z. Makhataeva and H. A. Varol, "Augmented Reality for Robotics: A Review," *Robotics*, 2020, [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2218-6581/9/2/21>
- [7] M. Wedel, E. Bigné, and J. Zhang, "Virtual and Augmented Reality: Advancing Research in Consumer Marketing," *Int. J. Res. ...*, 2020, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167811620300380>
- [8] A. J. Lungu, W. Swinkels, L. Claesen, P. Tu, J. Egger, and X. Chen, "A Review on The Applications of Virtual Reality, Augmented Reality and Mixed Reality in Surgical Simulation: An Extension to Different Kinds of Surgery," *Expert Rev. ...*, 2021, doi: 10.1080/17434440.2021.1860750.
- [9] Y. Siriwardhana, P. Porambage, M. Liyanage, and M. Ylianttila, "A Survey on Mobile Augmented Reality with 5G Mobile Edge Computing: Architectures, Applications, and Technical Aspects," *... Surv. &Tutorials*, 2021, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9363323/>
- [10] T. Panhale, D. Bryce, and E. Tsoukoku, "Augmented Reality and Experience Co-Creation in Heritage Settings," *J. Mark. ...*, 2023, doi: 10.1080/0267257X.2022.2120061.
- [11] W. Mengist, T. Soromessa, and G. Legese, "Method for Conducting Systematic Literature Review and Meta-Analysis for Environmental Science Research," *MethodsX*, vol. 7, p. 100777, 2020, doi: 10.1016/j.mex.2019.100777.
- [12] A.-W. Harzing, *The Publish or Perish Book*, 1st ed. Melbourne: Tarma Software Research Pty Limited Melbourne, Australia, 2010. [Online]. Available: <https://www.harzing.info/download/popbook12.pdf>
- [13] N. J. Van Eck and L. Waltman, "Software Survey: VOSviewer, A Computer Program for Bibliometric Mapping," *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523–538, Aug. 2010, doi: 10.1007/s11192-009-0146-3.
- [14] N. R. Haddaway, M. J. Page, C. C. Pritchard, and L. A. McGuinness, "PRISMA2020: An R Package and Shiny App for Producing PRISMA 2020-Compliant Flow Diagrams, with Interactivity for Optimised Digital Transparency and Open Synthesis," *Campbell Syst. Rev.*, vol. 18, no. 2, p. e1230, Jun. 2022, doi: <https://doi.org/10.1002/cl2.1230>.
- [15] M. B. Ibáñez, A. U. Portillo, R. Z. Cabada, and M. L. Barrón, "Impact of Augmented Reality Technology on Academic Achievement and Motivation of Students from Public and Private Mexican Schools. A Case Study in a Middle-School Geometry Course," *Comput. &Education*, 2020, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131519302878>
- [16] J. Jang, Y. Ko, W. S. Shin, and I. Han, "Augmented Reality and Virtual Reality for Learning: An Examination Using an Extended Technology Acceptance Model," *IEEE access*, 2021, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9312165/>
- [17] M. Sırakaya and D. A. Sırakaya, "Augmented Reality in STEM Education: A Systematic Review," *Interact. Learn. ...*, 2022, doi: 10.1080/10494820.2020.1722713.
- [18] S. Shen, K. Xu, M. Sotiriadis, and Y. Wang, "Exploring The Factors Influencing The Adoption and Usage of Augmented Reality and Virtual Reality Applications in Tourism Education within The Context of COVID-19 Pandemic," *J. Hosp. Leis. Sport ...*, 2022, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1473837622000053>

- [19] B. R. Martins, J. A. Jorge, and E. R. Zorzal, "Towards Augmented Reality for Corporate Training," *Interact. Learn. ...*, 2023, doi: 10.1080/10494820.2021.1879872.
- [20] J. Egger and T. Masood, "Augmented Reality in Support of Intelligent Manufacturing: A Systematic Literature Review," *Comput. & Industrial Eng.*, 2020, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360835219306643>
- [21] C. K. Sahu, C. Young, and R. Rai, "Artificial Intelligence (AI) in Augmented Reality (AR)-Assisted Manufacturing Applications: A Review," *Int. J. Prod. ...*, 2021, doi: 10.1080/00207543.2020.1859636.
- [22] E. Laviola, M. Gattullo, V. M. Manghisi, M. Fiorentino, and A. E. Uva, "Minimal AR: Visual Asset Optimization for The Authoring of Augmented Reality Work Instructions in Manufacturing," ... *International Journal of ...* Springer, 2022. doi: 10.1007/s00170-021-08449-6.
- [23] E. E. Cranmer, M. C. tom Dieck, and P. Fountoulaki, "Exploring the value of augmented reality for tourism," *Tour. Manag. ...*, 2020, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211973620300398>
- [24] S. R. Nikhashemi, H. H. Knight, K. Nusair, and C. B. Liat, "Augmented Reality in Smart Retailing: A (n)(A) Symmetric Approach to Continuous Intention to Use Retail Brands' Mobile AR Apps," *J. Retail. ...*, 2021, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0969698921000308>
- [25] G. A. Koulteris, K. Akşit, M. Stengel, R. K. Mantiuk, K. Mania, and C. Richardt, "Near-Eye Display and Tracking Technologies for Virtual and Augmented Reality," *Comput. Graph. ...*, 2019, doi: 10.1111/cgf.13654.
- [26] V. Kohli, U. Tripathi, V. Chamola, B. K. Rout, and S. S. Kanhere, "A Review on Virtual Reality and Augmented Reality Use-Cases of Brain Computer Interface based Applications for Smart Cities," *Microprocess. ...*, 2022, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141933121005391>
- [27] S. M. Hasan, K. Lee, D. Moon, S. Kwon, S. Jinwoo, and S. Lee, "Augmented Reality and Digital Twin System for Interaction with Construction Machinery," *J. Asian ...*, 2022, doi: 10.1080/13467581.2020.1869557.