

Systematic Literature Review Metaverse 2019-2024, Ruang Lingkup, Potensi dan Tantangannya di Masa Depan

¹Yuli Fitrianto, ²Sindhu Rakasiwi

¹Fakultas Studi Akademik Universitas Sains dan Teknologi Komputer, Indonesia

²Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nuswantoro, Indonesia

yuli_f@stekom.ac.id; sindhu.rakasiwi@dsn.dinus.ac.id

Article Info

Article history:

Received, 2024-05-20

Revised, 2024-06-03

Accepted, 2024-06-10

Kata Kunci:

SLR
bibliometrik
meta-analisis
metaverse

Keywords:

SLR
Bibliometric
meta-analysis
metaverse

ABSTRAK

Metaverse walaupun masih berupa konsep, tetapi pembahasannya terus dilakukan sejalan dengan berkembangnya teknologi yang mengarah ke sana beserta produk-produk terbaru, misalnya rilisnya Apple Vision Pro yang menjadi topik pembicaraan yang ramai di awal tahun 2024. Perusahaan-perusahaan besar dunia seperti Apple, Facebook dan Google terlihat keseriusannya dalam menyambut Metaverse ini. Hal ini menimbulkan banyak pertanyaan di khalayak ramai antara lain apakah sebenarnya Metaverse itu? kapankan Metaverse siap untuk diwujudkan dengan perkembangan teknologi yang ada saat ini? Di bidang apa saja yang menjanjikan dalam penerapan Metaverse? Dan apa saja persiapan yang harus dilakukan? *Systematic Literature Review* kali ini dilakukan dengan mengekstraksi artikel-artikel yang terkait dengan Metaverse yang terbit di antara tahun di tahun 2019 hingga 2024, yang bertujuan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan seputar Metaverse yaitu mengetahui ruang lingkup atau bidang perkembangan penerapan Metaverse terkait dengan adopsi teknologi pendukungnya, menyimpulkan apa saja komponen yang dapat mendukung terwujudnya Metaverse, memprediksi potensi dan tantangan yang akan dihadapi di masa depan, serta mengajukan saran untuk penelitian berikutnya.

ABSTRACT

Although the metaverse is still a concept, the discussion continues to be carried out in line with the development of technology that leads to it and the latest products, such as the release of the Apple Vision Pro which is a hot topic of conversation in early 2024. Major world companies such as Apple, Facebook and Google look serious in welcoming this Metaverse. This raises many questions in the public, among others, what exactly is the Metaverse? When is the Metaverse ready to be realized with the current technological developments? In what areas is promising in the application of Metaverse? And what are the preparations that must be done? This Systematic Literature Review was conducted by extracting articles related to the Metaverse published between 2019 to 2024, which aims to answer questions about the Metaverse, namely knowing the scope or field of development of Metaverse application related to the adoption of supporting technology, concluding what are the components that can support the realization of the Metaverse, predicting the potential and challenges that will be faced in the future front, as well as put forward suggestions for subsequent research.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Penulis Korespondensi:

Yuli Fitrianto,
Program Studi Teknik Informatika,
Universitas Sains dan Teknologi Komputer,
Email: yuli_f@stekom.ac.id

1. PENDAHULUAN

Metaverse adalah jenis aplikasi Internet dan bentuk sosial baru yang mengintegrasikan berbagai teknologi baru. Metaverse memiliki ciri-ciri multiteknologi, sosialitas, dan hyperspatiotemporality [1], dimana memberikan pengalaman mendalam berdasarkan teknologi mixed reality, menciptakan gambaran cerminan dunia nyata

berdasarkan teknologi digital twin, membangun sistem ekonomi berdasarkan teknologi blockchain, dan mengintegrasikan dunia virtual dan dunia nyata ke dalam sistem ekonomi, sistem sosial, dan sistem identitas, memungkinkan setiap pengguna menghasilkan konten dan mengedit atau mengubah dunianya [2]. Metaverse masih merupakan sebuah konsep yang terus berkembang, dan bermakna sangat luas tergantung pandangan dari para pengguna dan dengan cara mereka sendiri.

Systematic literature review (SLR) merupakan proses peninjauan atau kajian artikel dengan cara mengumpulkan bukti-bukti yang relevan tentang topik tertentu yang selaras dengan kriteria kelayakan tertentu agar dapat menjawab pertanyaan dalam rumusan penelitian. Meta-analisis menggunakan metode statistik yang dapat bersifat deskriptif dan/atau inferensial dengan tujuan untuk merangkum data-data yang didapatkan dari beberapa penelitian tentang topik tertentu yang dikaji. Teknik-teknik tersebut dapat digunakan dalam membantu menghasilkan pengetahuan dari berbagai penelitian yang bersifat kualitatif ataupun kuantitatif. Metode yang digunakan berisi empat langkah dasar, yaitu: 1. pencarian, yaitu menentukan string pencarian serta jenis dari basis data; 2. penilaian, yaitu inklusi dan eksklusi dari literatur yang telah ditentukan, dan menentukan kriteria penilaian terhadap kualitas; 3. sintesis, yaitu mengekstraksi serta mengkategorikan data; 4. analisis, yaitu menjelaskan hasilnya hingga mencapai kesimpulan akhir [3].

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi ruang lingkup perkembangan penerapan Metaverse di 5 tahun terakhir, kemudian memprediksi potensi dan tantangan apa yang dihadapi di masa depan, serta mengajukan saran untuk pengembangan menuju Metaverse yang lebih efektif. *Software-software* yang digunakan sebagai alat bantu dalam penelitian ini, adalah Publish or Perish dan VOSviewer. Publish or Perish (PoP) merupakan *software* untuk analisis kutipan atau sitasi, dimana dibuat dan dikembangkan oleh Profesor Anne Wil Harzing, seorang spesialis manajemen bertaraf internasional dari Universitas Melbourne Australia. Tinjauan pustaka dapat dilakukan secara cepat dengan bantuan PoP ini, untuk mendeteksi artikel dan atau penulis atau pakar yang paling banyak dikutip hasil penelitiannya oleh peneliti lain dalam suatu bidang kajian tertentu. PoP juga dapat digunakan untuk mendeteksi dan mengidentifikasi bidang penelitian serta melakukan evaluasi terhadap perkembangan literatur dalam suatu topik dalam rentang waktu tertentu [4], sedangkan VOSviewer adalah program gratis yang dikembangkan untuk melihat dan membuat peta bibliometrik. Perbedaan utama terhadap program pemetaan bibliometrik yang lain, yaitu VOSviewer berfokus pada representasi grafis dari peta bibliometrik, dimana VOSviewer memiliki fungsionalitas untuk menampilkan peta bibliometrik yang besar tetapi mudah untuk diinterpretasikan [5]. SLR pada penelitian yang dilakukan kali ini juga mengadopsi pedoman dari Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis (PRISMA) [6].

2. METODE PENELITIAN

Menjelaskan Prosedur penelitian yang digunakan pada penelitian kali ini menggunakan 3 tahap dimana dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1. Tiga Tahap Prosedur Penelitian

Pada tahap perencanaan, dilakukan identifikasi masalah, merumuskan masalah, menentukan kata kunci, menentukan rentang tahun artikel kajian dan jumlah kajian yang diuraikan sebagai berikut:

Kata Metaverse pertama kali muncul dalam novel fiksi ilmiah karya Neal Stephenson berjudul Snow Crash pada tahun 1992 [7], tetapi istilah ini baru mulai populer di tahun 2021 ketika Mark Zuckerberg mengganti nama Facebook menjadi Meta, dan telah melakukan investasi di Metaverse [8]. Rilisnya produk bernama Apple Vision Pro pada tahun 2024 semakin menambah minat dan perhatian terhadap Metaverse [9]. Konsep

Metaverse semakin dekat dengan kita lebih dari yang dibayangkan, walaupun masih dalam tahap pengembangan, tetapi bukan tidak mungkin Metaverse yang dianggap sebagai mimpi ini suatu saat berubah menjadi kenyataan [10]. Melihat keseriusan dari perusahaan-perusahaan besar untuk mendukung perkembangan Metaverse, maka pada penelitian kali ini akan dilakukan studi literatur secara sistematis dari artikel-artikel yang membahas tentang Metaverse yang terbit dari tahun 2019 hingga 2024, untuk mengetahui jawaban dari pertanyaan-pertanyaan seputar Metaverse yang dirangkum dalam Rumusan Masalah di bawah ini.

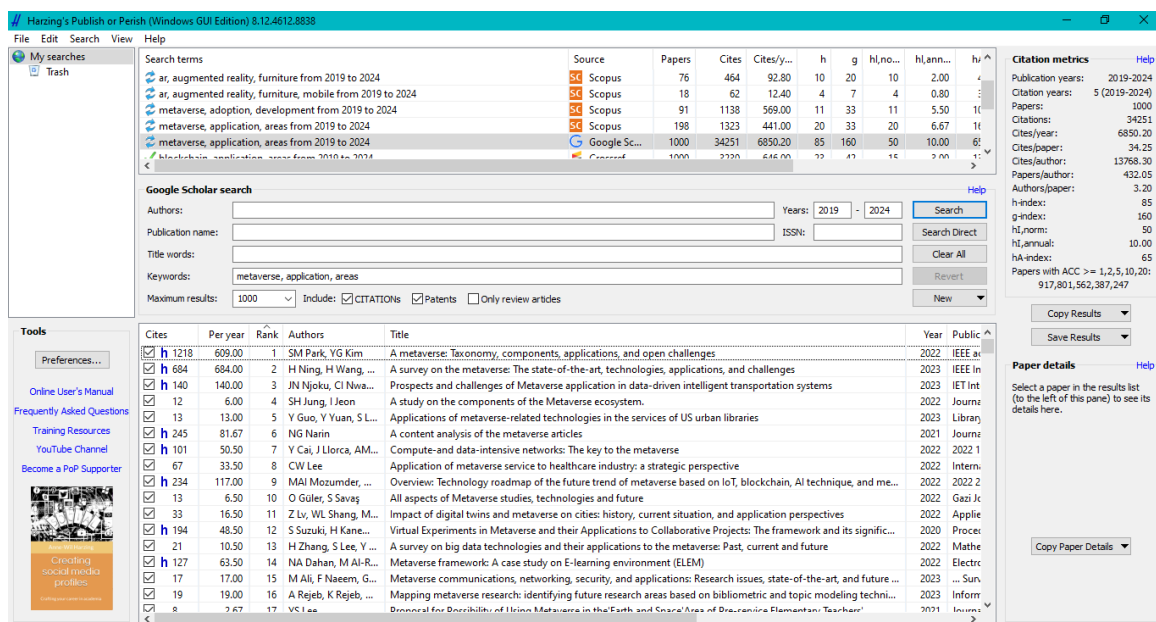
- Di bidang apa saja dan sampai di mana adopsi Metaverse di masa kini?
- Apa saja komponen dan kebutuhan Metaverse di masa depan?
- Apa potensi dan tantangan Metaverse di masa depan?

Kata kunci ditentukan untuk pembatasan dalam pencarian artikel agar lebih fokus serta terarah dalam proses pengkajian. Kata kunci yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: Metaverse, application dan areas untuk dapat menjawab masalah yang telah dirumuskan.

Berkembang pesatnya teknologi Metaverse telah menimbulkan pergeseran arah dan tren penelitian, sehingga agar hasil penelitian relevan untuk digunakan maka perlu dibatasi rentang tahun terbitan artikel yang akan dikaji, yaitu dimulai dari tahun 2019 hingga tahun 2024.

Penelitian ini menggunakan 1000 artikel yang diambil dari web pengindeks database yaitu Google Scholar melalui alat bantu Publish or Perish berdasar kata kunci yang telah di-input-kan, dengan alasan dapat menghasilkan pencarian artikel yang lebih luas dibandingkan dengan pencarian dari sumber atau web pengindex database lainnya seperti Crossref, Harzing Academic, OpenAlex, PubMed, Scopus, Semantic Scholar ataupun Web of Science (WoS). Tujuannya untuk menjangkau lebih banyak artikel yang berdampak penting dan signifikan yang tidak terbatas berasal dari database-database tersebut di atas saja, tetapi juga dari Elsevier, DOAJ, Taylor & Francis Springer, dan Wiley Online Library, serta juga tidak terbatas oleh kewajiban akan kepemilikan akun-akun tertentu misalnya Scopus dan WoS (Clarivate), sehingga hasil dari penelitian ini nantinya dapat diikuti serta ditinjau ulang oleh semua tingkat peneliti kalangan yang membutuhkan.

Pada tahap pelaksanaan, dilakukan pencarian artikel dan dihasilkan 1000 artikel dalam rentang waktu 2019 hingga 2024 dengan kata kunci: Metaverse, application dan areas, dan application pada web pengindeks database Google Scholar tidak termasuk *patent*, dilakukan dengan 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, penulis, judul dan abstraknya, tahun, tempat publikasi, penerbit, dimana dapat dilihat pada gambar 1:

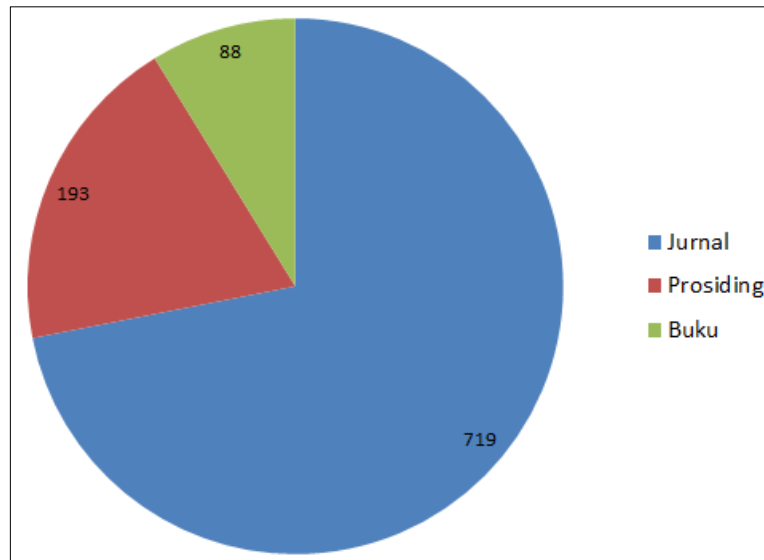


Gambar 2. Pencarian Artikel dengan Harzing's Publish or Perish

Pencarian menghasilkan 1000 artikel tanpa menyertakan hasil dari paten, yang bila dikelompokkan sesuai tahun terbitnya dapat dilihat pada tabel 1, sedangkan jenis artikel dapat dilihat pada diagram pada gambar 3:

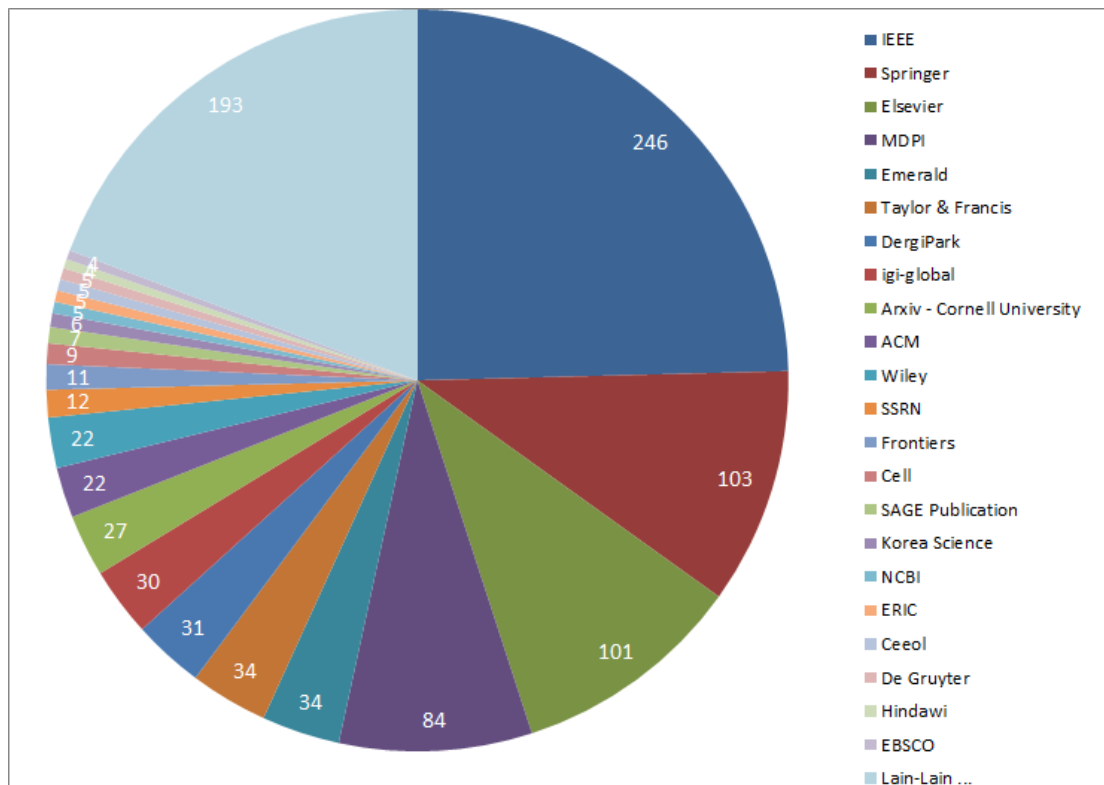
Tabel 1. Jumlah Artikel Berdasarkan Tahun Terbit

Tahun Terbit	Jumlah Artikel
2019	1
2020	4
2021	24
2022	340
2023	547
2024 (hingga Maret)	84



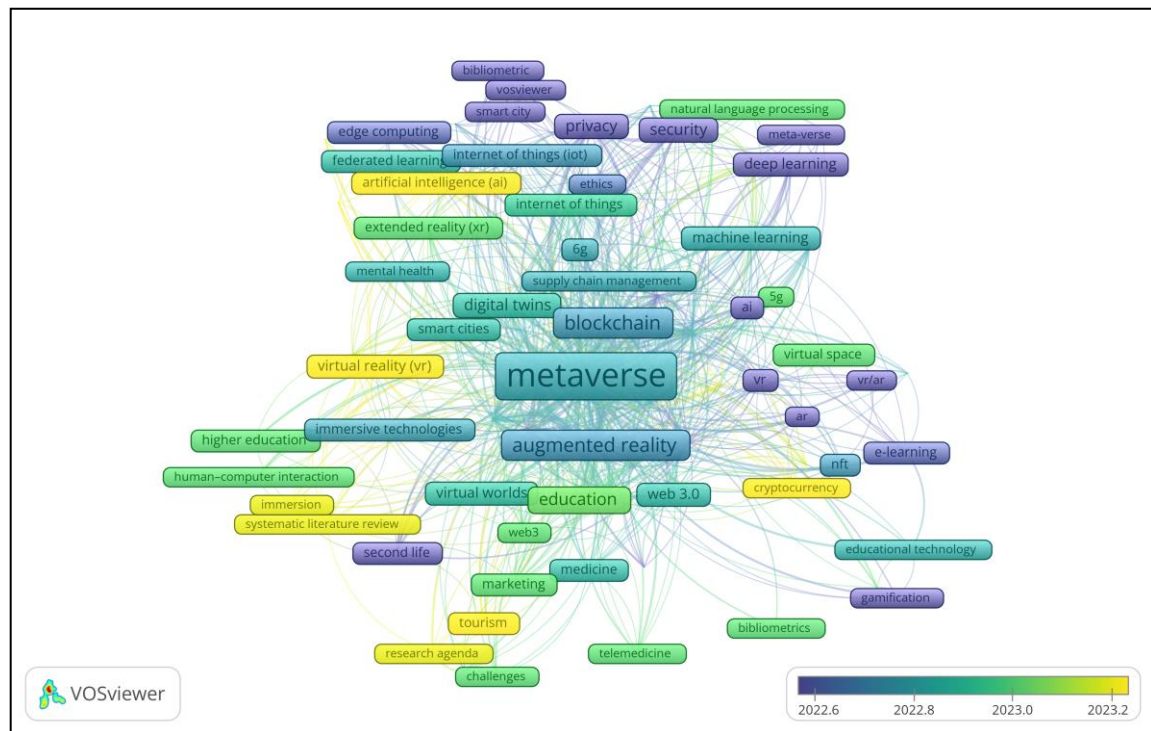
Gambar 3. Jenis Artikel Hasil Pencarian

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



Gambar 4. Hasil Pencarian Artikel Berdasarkan Penerbit

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 5. Visualisasi Data melalui VOSviewer

Ukuran teks dan framenya pada gambar di atas menunjukkan seberapa banyak suatu bidang atau objek telah diteliti, garis-garis menunjukkan keterkaitan antar bidang, jarak antar frame menunjukkan seberapa dekat keterkaitannya, dan warna yang terang menunjukkan bidang atau lingkup yang lebih baru. Gambar tersebut menjelaskan bahwa Metaverse sangat dekat kaitannya dengan Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), Blockchain, Digital Twins, dan Smart Cities.

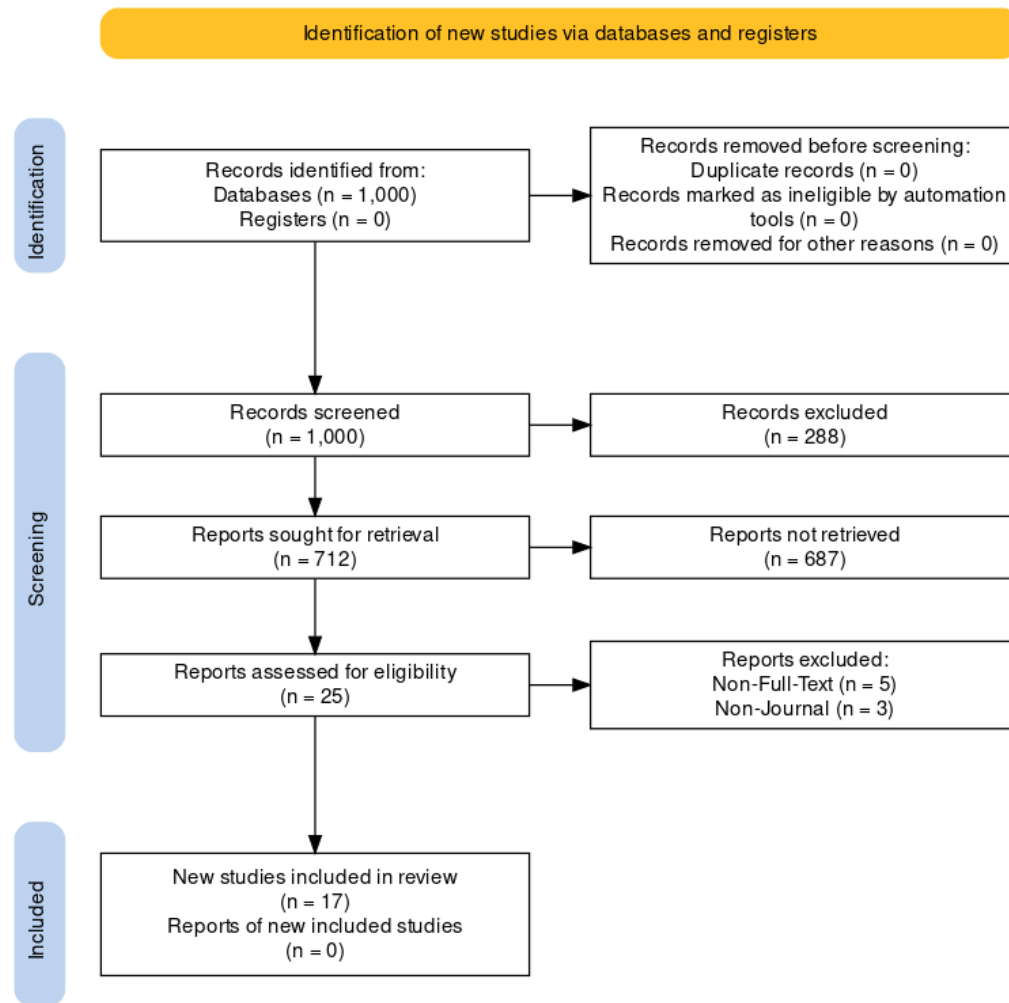
Studi yang berkaitan dengan Metaverse yang masih baru atau masih banyak diteliti dan berpotensi untuk dilanjutkan penelitiannya adalah yang berwarna paling terang yaitu kuning, antara lain: VR, Cryptocurrency, Immersion, Systematic Literature Review, Artificial Intelligence (AI), Tourism, dan Research Agenda.

Pemilihan kata kunci dalam setiap publikasi penelitian juga berpengaruh pada visualisasi di VOSviewer dan terkesan dibedakan walaupun sebenarnya mengacu ke hal yang sama, yaitu Augmented Reality dengan AR; Virtual Reality dengan VR; Internet of Things dengan Internet of Things (IoT); Bibliometric, Bibliometrics, Vosviewer, Challenges dengan Systematic Literature Review dan Research Agenda. Penggunaan kata kunci yang paling populer digunakan divisualisasikan dengan kedekatannya dengan hal atau tema yang akan diteliti, atau ukuran yang lebih besar.

Artikel yang telah dapat dipolakan pada tahap visualisasi untuk selanjutnya perlu dilakukan pemfilteran melalui proses seleksi, evaluasi, dan eksklusi dengan menggunakan pedoman Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analysis (PRISMA) Flow Diagram. Sejumlah 1000 artikel dimasukkan di tahap *identification*, tanpa kecuali karena tidak ditemukan duplikasi artikel, tidak otomatis disisihkan oleh *software* Publish or Perish.

Beberapa artikel disisihkan pada tahap *screening*, dimana penelitian ini fokus untuk mengkaji artikel-artikel yang benar-benar memiliki dampak, maka sebanyak 288 artikel disisihkan karena tidak dipublikasikan oleh penerbit yang masuk ke peringkat 10 besar pada gambar 4 yaitu IEEE, Springer, Elsevier, MDPI, Emerald, Taylor & Francis, Dergi Park, Igi-global, Arxiv (Cornell University), dan ACM; sehingga menjadi 712 artikel kemudian juga disisihkan sejumlah 687 artikel tidak masuk ke peringkat 5 besar jumlah sitasi berdasarkan kelompok tahun, sehingga tersisa 25 artikel. Proses *screening* tidak berhenti di sini, sejumlah 5 artikel juga disisihkan karena tidak dapat diakses *full-text*-nya dan menyisihkan 3 buah artikel non-jurnal yaitu artikel yang berasal dari konferensi atau prosiding, dan buku sehingga jumlah akhir artikel yang akan dikaji secara

mendalam tinggal sejumlah 17 artikel, dan tidak ada lagi artikel yang ditambahkan dengan alasan tertentu. Tahapan PRISMA Flow Diagram proses ini dapat dilihat pada gambar 6:



Gambar 6. Pemfilteran Artikel dengan PRISMA Flow Diagram

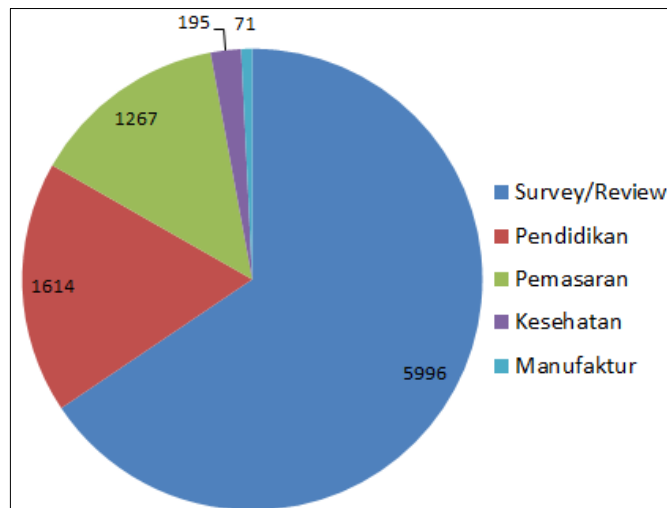
Sejumlah 17 artikel tersebut kemudian dikelompokkan berdasarkan bidang kajiannya pada tabel 2. Pengelompokkan ini bertujuan untuk mengetahui bidang mana paling banyak disitasi oleh para peneliti.

Tabel 2. Pengelompokkan Artikel Berdasarkan Bidang Kajian

Bidang	Penulis (Tahun)	Judul	Sitasi
Survey/Review (Multidisiplin)	L-H Lee, T Braud, P Zhou, et.al (2021)	All One Needs to Know about Metaverse a Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda	1348
	M Damar (2021)	Metaverse Shape of Your Life for Future: A Bibliometric Snapshot	309
	S-M Park, Y-G Kim (2022)	A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges	1218
	Y Wang, Z Su, N Zhang, et.al (2022)	A Survey on Metaverse: Fundamentals, Security, and Privacy	827
	YK Dwivedi, L Hughes, AM Baabdullah, et.al (2022)	Metaverse Beyond the Hype: Multidisciplinary Perspectives on Emerging Challenges, Opportunities, and Agenda for Research, Practice and Policy	1400
	H Ning, H Wang, Y Lin, et.al (2023)	A Survey on Metaverse: The State-of-the-art, Technologies, Applications, and Challenges	684
	A Koohang, JH Nord, KB Ooi, et.al (2023)		175

Bidang	Penulis (Tahun)	Judul	Sitasi
	A Habbal, MK Ali, MA Abuzaraida (2024)	Shaping the Metaverse into Reality: Multidisciplinary Perspectives on Opportunities, Challenges, and Future Research	35
Pendidikan	S Mystakidis (2022)	Artificial Intelligence Trust, Risk and Security Management (AI Trism): Frameworks, Applications, Challenges and Future Research Directions	1203
	A Tlili, R Huang, B Shehata, et.al (2022)	Is Metaverse in Education a Blessing or a Curse: A Combined Content and Bibliometric Analysis	363
	SK Jagatheesaperumal, K Ahmad, A Al-Fuqaha, J Qadir (2024)	Advancing Education through Extended Reality and Internet of Everything Enabled Metaverses: Applications, Challenges, and Open Issues	48
Bisnis/Pemasaran	J Kim (2021)	Advertising in the Metaverse Research Agenda	492
	B Shen, W Tan, J Guo, L Zhao, P Qin (2021)	How to Promote User Purchase in Metaverse? a Systematic Literature Review on Consumer Behavior Research and Virtual Commerce Application Design	249
	KG Barrera, D Shah (2023)	Marketing in The Metaverse: Conceptual Understanding, Framework, and Research Agenda	280
	D Buhalis, D Leung, M Lin (2023)	Metaverse as a Disruptive Technology Revolutionising Tourism Management and Marketing	246
Kesehatan	R Chengoden, N Victor, T Huynh-The, et.al (2023)	Metaverse for Healthcare: A Survey on Potential Applications, Challenges and Future Directions	195
Manufaktur	X Yao, N Ma, J Zhang, et.al (2024)	Enhancing Wisdom Manufacturing as Industrial Metaverse for Industry and Society 5.0	71

Berdasarkan tabel 2 di atas, maka dibuatlah diagram lingkaran untuk memvisualisaikan data jumlah sitasi per bidang kajian Metaverse. Diagram tersebut dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7. Diagram Bidang Kajian Penelitian Metaverse yang Paling Banyak Disitasi

Berikut ini adalah rangkuman penelitian atau *State of the Art* di bidang multidisiplin melalui survey/review:

Lik-Hang Lee, Tristan Braud, Pengyuan Zhou, Lin Wang, Dianlei Xu, Zijun Lin, Abhishek Kumar, Carlos Bermejo, dan Pan Hui pada tahun 2021 melakukan survei atau tinjauan literatur terkait Metaverse dari tahun 2012 hingga 2021 yang berasal dari sumber ACM CHI, IEEE ISMAR, IEEE VR dan ACM VRST [11]. Kesimpulan yang dihasilkan adalah sekarang ini batasan antara lingkungan virtual dan fisik menjadi semakin kabur dibandingkan dengan sebelumnya, dimana migrasi menuju integrasi fisik dan virtual terdiri dari tiga tahap: digital twins, digital native, dan Metaverse. Metaverse harus memiliki ruang virtual abadi, bersama,

yang berjalan bersamaan, dan 3D yang digabungkan menjadi alam semesta virtual yang dapat dirasakan. 6 aspek ekosistem sebagai pilar keberhasilan Metaverse dalam jangka panjang, adalah: *Avatar, Content Creation, Virtual Economy, Social Acceptability, Security and Privacy, dan Trust and Accountability*, sedangkan 8 pilar teknologi yang mendukung Metaverse adalah: *Network, Edge and Cloud, Artificial Intelligence, Computer Vision, Blockchain, Robotics/IoT, User Interactivity, dan Extended Reality*.

Muhammet Damar pada tahun 2021 melakukan tinjauan bibliometrik dari 93 dokumen yang didapatkan dari database Web of Science yang meliputi artikel, prosiding, dan book chapter dari tahun 1995, 1996, 2000, 2006 hingga 2021 yang diterbitkan oleh sejumlah penerbit yaitu: Springer Nature, IEEE, IGI Global, Elsevier, Assoc Computing Machinery, MDPI, Kassel Univ Press Gmbh, Sage, dan Taylor & Francis [12]. Kesimpulan yang didapatkan adalah meskipun minat para peneliti terhadap Metaverse meningkat, hanya ada sedikit studi yang menjelaskan dan komprehensif tentang Metaverse dalam literatur. Metaverse bukanlah produk tunggal yang dapat ditangani sendiri oleh suatu perusahaan, dimana Metaverse akan ada dengan atau tanpa Facebook, dan juga tidak akan dibangun dalam semalam. Kemungkinan Metaverse baru akan terealisasi sepenuhnya dalam 15-20 tahun mendatang.

Sang-Min Park dan Young-Gab Kim pada tahun 2022 melakukan systematic literature reviews (SLR) dari sejumlah 260 artikel yang terdiri dari 130 artikel dari Elsevier dan 130 artikel dari Google Scholar yang relevan dengan Metaverse. Adapun kesimpulan yang dihasilkan adalah dari projek yang berorientasi masa depan [13], Facebook mencoba memasukkan teks menggunakan keluaran sistem saraf tepi dan antarmuka berotakkan komputer. Neuralink sebagai metode koneksi langsung merupakan salah satu cara untuk meningkatkan komunikasi dengan perangkat dengan menanamkan chip di otak manusia. Tahap perkembangan saat ini adalah sejauh memungkinkan untuk secara langsung merangsang bagian tertentu dari otak dan melihat jenis EEG yang sederhana, namun perkembangan berkelanjutan dari antarmuka berotakkan komputer dan Neuralink dapat berkembang menjadi bentuk yang memberikan pengalaman yang sulit dibedakan dari kenyataan di Metaverse, misalnya melalui metode yang menghubungkannya dari matriks ke tulang belakang.

Yuntao Wang, Zhou Su, Ning Zhang, Rui Xing, Dongxiao Liu, Tom H. Luan, dan Xuemin Shen pada tahun 2022 melakukan survei komprehensif dan mendalam tentang Metaverse dari sudut pandang fundamental, keamanan dan privasi berdasarkan artikel-artikel dari terbitan tahun 2008 hingga 2022 [14]. Kesimpulan yang dihasilkan adalah bahwa Metaverse membutuhkan teknologi pendukung untuk pengaktifannya, antara lain Interaktivitas, Digital Twin, Jaringan, Komputasi, AI dan Blockchain. Aplikasi prototipe modern yang mendukung Metaverse yang ada saat ini mencakup di bidang Game, Pengalaman Sosial, Kolaborasi Online, Simulasi & Desain, Ekonomi Kreator. Keamanan dan isu privasi dalam Metaverse perlu diperhatikan dengan serius, dengan memanfaatkan teknologi AI dan pengelolaan terdesentralisasi dengan penggunaan teknologi Blockchain, selain kontrol dan kesadaran dari pribadi pengguna yang juga harus ditingkatkan. Penelitian Metaverse ke depan disarankan menacu pada bidang keamanan, regulasi, teknologi yang hemat energi dan ramah lingkungan, serta Metaverse yang berbasis konten dan berbasis pada manusianya

Yogesh K. Dwivedi, Laurie Hughes, Abdullah M. Baabdullah, et al pada tahun 2022 melakukan kajian artikel dari 20 kontribusi penelitian dengan sudut pandang yang berbeda terkait dengan Metaverse [15]. Kesimpulan yang dihasilkan adalah saran mengenai penelitian ke depan yang lebih banyak membahas tentang kemananan, jaringan, data pribadi, dan sebagainya, serta juga membahas tentang Metaverse dalam pendidikan terkait dengan penyatuannya dengan metode pendidikan saat ini dan reaksi dari peserta didiknya. Saran di bidang kesehatan terkait dengan telemedicine dan operasi bedah melalui Metaverse. Penelitian ini juga menyarankan penelitian berikutnya yang terkait dengan dampak negatif dari Metaverse terhadap para penggunanya, psikologi dan sosial.

Huansheng Ning, Hang Wang, Yujia Lin, Wenxi Wang, Sahraoui Dhelim, Fadi Farha, Jianguo Ding, dan Mahmoud Daneshmand pada tahun 2023 melakukan kajian terhadap artikel-artikel tentang Metaverse yang terbit di Web of Science dan Scopus hingga tahun 2021 [16]. Kesimpulan yang diambil dalam tinjauan kali ini adalah yang pertama yaitu memberikan prediksi tentang bidang-bidang yang akan menjadi tempat penerapan Metaverse untuk pertama kalinya, antara lain di smart city, industri hiburan dan game, remote office dan rapat virtual, pariwisata digital dan pameran digital, psikoterapi, pendidikan, ekonomi, budaya dan sosial. Kesimpulan yang kedua adalah memberikan pandangan tentang masalah-masalah yang akan terjadi, antara lain di terkait dengan interaksi, komputasi, etika, privasi, cyber-syndrome, masalah standar dan kompatibilitas.

Alex Koohang, Jeretta Horn Nord, Keng-Boon Ooi, et al pada tahun 2023 melakukan kajian dengan 21 kontributor peneliti pada beberapa perspektif multi-disiplin ilmu terkait Metaverse, antara lain pemasaran, pariwisata, manufaktur, manajemen operasional, pendidikan, industri ritel, layanan perbankan, kesehatan, dan sumber daya manusia, membahas masing-masing potensinya, tantangannya, dan saran penelitian selanjutnya yang dapat dilakukan [17].

Adib Habbal, Mohamed Khalif Ali, dan Mustafa Ali Abuzaraida pada tahun 2024 melakukan penelitian terkait AI TRiSM framework sebagai salah satu pendukung Metaverse dengan pembahasan yang lebih ke AI TRiSM framework daripada ke Metaverse, dimana penggunaan AI di Metaverse memiliki potensi dampak dan meningkatkan berbagai fitur ruang virtual seperti ekonomi virtual dan pasar serta pembuatan konten untuk pendidikan [18]. AI TRiSM di Metaverse mengacu pada penerapan kerangka manajemen kepercayaan, risiko, dan keamanan dalam konteks AI dalam ruang virtual. Melalui integrasi kerangka kerja AI TRiSM ke dalam Metaverse, pengembang dan penyedia platform memiliki kemampuan untuk membangun lingkungan virtual yang aman, tepercaya, dan sehat secara etis, dimana membantu melindungi data pengguna, memitigasi risiko, dan membangun kepercayaan diri pada sistem AI yang mendukung pengalaman Metaverse.

Berikut ini adalah *State of the Art* di bidang pendidikan:

Stylianos Mystakidis pada tahun 2022 melakukan penelitian terkait Extended, Virtual, Augmented and Mixed Reality sebagai pendukung Metaverse dalam pendidikan [19]. Pertemuan dan interaksi lintas platform dan lintas teknologi, dimana sebagian pengguna berada di lingkungan VR dan sebagian lainnya berada di lingkungan AR, merupakan tantangan di masa depan. Seharusnya hanya ada satu Metaverse dan tidak banyak Metaverse atau Multiverse, sebagai iterasi berikutnya dari Internet. Dengan demikian, Metaverse harus untuk semua orang, terbuka, agnostik perangkat keras, berjejaring dan dikontrol secara kolektif. Model baru pendidikan jarak jauh yang didukung Metaverse dapat muncul untuk mendobrak keterbatasan platform 2D. Meta-edukasi dapat memberikan pengalaman pembelajaran aktif formal dan informal yang kaya dan beragam dalam kampus virtual 3D online yang bersifat alternatif dan abadi, dimana siswa adalah salah satu pemilik ruang virtual dan salah satu pencipta kurikulum cair yang dipersonalisasi.

Ahmed Tlili, Ronghuai Huang, Boulus Shehata, et al pada tahun 2022 melakukan tinjauan sistematis terhadap artikel-artikel Metaverse di bidang pendidikan dari Web of Science (WoS) dan Scopus dari tahun 2007 hingga tahun 2021 [20]. Salah satu kesimpulan yang diutarakan dalam penelitian ini adalah saran agar penelitian lebih lanjut harus dilakukan mengenai pengaruh Metaverse pada siswa penyandang disabilitas. Perlu dicatat bahwa agar Metaverse dapat diterapkan dengan lebih baik di masa depan, dengan memberikan bimbingan teknis kepada guru, mempromosikan pelatihan di dalam dan di luar kelas dalam mode sinkron dan asinkron, dan membekali siswa dengan lingkungan yang dinamis, menarik, dan platform virtual kolaboratif.

Senthil Kumar Jagatheesaperumal dan Kashif Ahmad di tahun 2024 melakukan systematic review sejumlah 4100 artikel dengan kata kunci: VR, AR, MR, XR, Metaverse, IoT dan Education hingga bulan Juli 2023 dari Google Scholar, IEEE Xplore Digital Library, Web of Science (WoS), dan Scopus, yang dengan flowchart PRISMA akhirnya didapatkan sejumlah 182 artikel yang direview secara mendalam [21]. Kesimpulan yang diambil untuk memenuhi kebutuhan teknik pendidikan yang mendalam, perlu mengatasi masalah manajemen daya, kecepatan jaringan, dan jangkauan yang terbatas dengan kepercayaan diri di kalangan pendidik, memungkinkan mereka membuat keputusan dan tindakan yang tepat bagi peserta didik, dan meskipun implikasi teknologi saat ini terbatas, penyedia layanan pendidikan memainkan peran penting, dan tantangan mereka memerlukan perhatian segera dari komunitas riset. Penggunaan teknologi yang etis di Metaverse memerlukan strategi komprehensif, yang mencakup pendidikan, literasi digital, dan pemikiran kritis.

Berikut ini adalah *State of the Art* di bidang pemasaran:

Jooyoung Kim pada tahun 2021 meneliti agenda penelitian terkait dengan beriklan di Metaverse dengan memperhatikan 2 hal dasar yaitu: 1. Konseptualisasi, yaitu menambahkan kejelasan dan batasan pada definisi Metaverse, dengan mempertimbangkan konteks periklanan; dan 2. kerangka metodologis, yaitu ukuran eksplisit versus implisit untuk menilai perilaku konsumen dan metrik persepsi dari pengalaman periklanan Metaverse [22]. Model yang digunakan adalah Intractive Advertising Model (IAM), dengan beberapa pendekatan, antara lain: pendekatan strukturalis, pendekatan fungsionalis dan pendekatan pemrosesan informasi. Penelitian berikutnya yang disarankan adalah terkait evaluasi periklanan Metaverse, Interoperabilitas dalam Metaverse, iklan komputasi di Metaverse, data science untuk menganalisis audiens Metaverse dan data iklan, bagaimana barang dan jasa dinilai di Metaverse, aspek lintas budaya dari periklanan dan pemasaran Metaverse, dan masalah etika dan privasi dalam periklanan dan pemasaran Metaverse. Dengan adanya meta -interaktivitas dimana segala sesuatu bersifat interaktif di Metaverse akan mempengaruhi paradigma riset periklanan. Terakhir, upaya penelitian periklanan harus mengikuti dan memimpin keadaan Metaverse yang terus berkembang.

Bingqing Shen, Weiming Tan, Jingzhi Guo, Linshuang Zhao dan Peng Qin pada tahun 2021 mempelajari desain aplikasi perdagangan virtual untuk mempromosikan pembelian, dengan tinjauan literatur sistematis dari beberapa artikel pada delapan database online: EBSCO, Proquest, ScienceDirect, Scopus, SpringerLink, Web of Science, Emerald, dan Wiley, dari Juli 2021 hingga September 2021 dengan kata kunci "virtual world", "virtual reality", "virtual environment", "mixed reality", or "augmented reality" digunakan untuk mewakili teknologi imersif, sedangkan kata kunci "commerce" digunakan untuk membatasi domain aplikasi [23].

Penelitian ini menghasilkan saran akan penelitian di masa depan, termasuk penyelidikan terhadap keragaman faktor pembatas dan teknologi imersif, pembentukan lingkup penelitian tentang desain perilaku organik, konsumsi virtual, dan tren evolusi Metaverse

Kevin Giang Barrera dan Denish Shah pada tahun 2023 melakukan tinjauan sistematis terhadap artikel yang berkaitan dengan gagasan Metaverse dan teknologi terkait dalam bidang pemasaran, dengan menggunakan proses pencarian dua langkah menggunakan kombinasi kata kunci yang berbeda “Metaverse AND marketing” dan (virtual reality OR augmented reality OR mixed reality OR augmented virtuality OR immersive OR immersion) AND (marketing)” di empat database akademik elektronik yaitu Google Scholar, Business Source Complete, Academic Search Complete, dan Science Direct untuk mencari artikel yang diterbitkan antara tahun 1992 dan 2022 [24]. Studi ini menghasilkan konsep tentang pandangan modern tentang Metaverse dalam konteks pemasaran, mendeskripsikan fitur-fitur dan blok bangunan teknologi Metaverse untuk membantu pemasar dan peneliti pemasaran untuk lebih memahami elemen unik dan implikasi ekosistem Metaverse untuk praktik dan penelitian pemasaran, menawarkan sintesis pengetahuan terkait Metaverse yang masih ada dengan fokus pemasaran dan mengintegrasikannya dengan literatur yang berfokus pada teknologi dan data sekunder mengenai pandangan praktisi bisnis untuk mengidentifikasi tema yang muncul dan implikasi Metaverse memberikan kerangka pengorganisasian dan kemungkinan pengalaman konsumen di Metaverse, serta memberikan rekomendasi untuk penelitian di masa depan.

Dimitrios Buhalis, Daniel Leung, dan Michael Lin pada tahun 2023 melakukan studi terhadap konsep Metaverse bagi pemasaran terutama di pariwisata. Metaverse dikaji dari segi fungsionalitas, interoperabilitas, dan immersiveness. Studi ini mengkaji pengaruh disrupsi terhadap perilaku dan pengalaman wisatawan juga terhadap pengelolaan dan pemasaran pariwisata [25]. Ditemukan bahwa tantangan teknologi muncul karena Metaverse sebagian besar masih bersifat konseptual, bukan operasional, tidak ada cetak biru atau contoh praktik terbaik, dan platform serta solusinya mahal dan berisiko. Tantangan ekonomi yang ditemukan adalah destinasi dan organisasi pariwisata di seluruh dunia kekurangan sumber daya ekonomi dan teknologi untuk berinvestasi dalam pengembangan Metaverse, dan dapat merugikan daerah-daerah pinggiran yang miskin serta dunia usaha dalam mengakses platform-platform yang mutakhir. Tantangan di etika dan hukum juga muncul di dunia maya, karena dunia maya dapat menampung perilaku ilegal, tidak bermoral atau tidak etis, dan memerlukan undang-undang dan kebijakan yang sesuai, dan dapat menyebabkan perilaku adiktif karena dapat mengaburkan batas antara lingkungan fisik dan virtual akibat pengalaman ilusif yang sulit dibedakan oleh pengguna.

Berikut ini adalah *State of the Art* di bidang kesehatan:

Rajeswari Chengoden, Nancy Victor, Thien Huynh-The, et al pada tahun 2023 melakukan peninjauan studi mutakhir mengenai berbagai teknologi pendukung layanan kesehatan digital dan cerdas yang ada [26]. Kesimpulan yang dihasilkan adalah penerapan Metaverse secara prospektif ditekankan dalam hal diagnosis medis, pemantauan pasien, pelatihan perawatan kesehatan, pembedahan, terapi medis, dan theranostik. Selain itu, juga perlu dipikirkan adopsi dari hasil proyek-proyek baru dan yang akan datang yang relevan dengan Metaverse untuk perawatan kesehatan yang melibatkan blockchain, digital twins, dan telemedicine. Tantangan yang ditemukan antara lain yaitu: masalah privasi data, masalah keamanan informasi, masalah interoperabilitas, tingginya biaya teknologi, hilangnya sentuhan langsung yang mempengaruhi tingkat pemulihan, dan masalah hukum dan peraturan yang akan diterapkan. Harapan di masa depan juga diuraikan antara lain: Metaverse yang berdaya keamanan, yang terorkestasi cloud-edge, dan yang efisien energi.

Berikut ini adalah *State of the Art* di bidang industri manufaktur:

Xifan Yao, Nanfeng Ma, Jianming Zhang, Kesai Wang, Erfu Yang, dan Maurizio Facciopada tahun 2024 melakukan penelitian untuk mengembangkan pandangan Industri 5.0 sebagai revolusi sosio-teknis berdasarkan Socio/Social-Cyber-Physical System (SCPS), dengan fokus pada perluasan Industri 4.0 dari aspek sosial dan rantai nilai manufaktur serta Metaverse, dimulai dari menganalisis sistem manufaktur yang ditingkatkan secara sosio-teknis mengenai tiga fitur utama Industri 4.0 (integrasi vertikal, horizontal, dan end-to-end), lalu mengembangkan kerangka kerja pembuatan kebijaksanaan berbasis SCPS dan menganalisis teknologi pendukung utamanya, untuk pemanfaatan sumber daya yang lebih tinggi dan untuk produk dan layanan yang memenuhi kebutuhan individu dengan membuat layanan cloud yang tersosialisasi dan berorientasi layanan, terakhir meningkatkan kebijaksanaan manufaktur sebagai Metaverse Industri dengan meminjam ide Metaverse [27]. Mereka menyimpulkan bahwa Internet Industri akan semakin berkembang menjadi Metaverse Industri, dimana dunia nyata dan dunia maya (Metaverse) tidak akan memiliki batasan yang jelas, saling mempengaruhi dan berkembang. Dunia nyata dihubungkan oleh Internet of People (IoP) dan Internet of Things (IoT), sedangkan dunia virtual dihubungkan oleh Internet of Services (IoS). dan Internet of Contents and Knowledge (IoCK). Artinya, Metaverse Industri dihubungkan oleh IoP, IoT, IoS, dan IoCK sebagai manufaktur kebijaksanaan.

3. HASIL DAN ANALISIS

Poin berikut ini merupakan pembahasan tentang hasil dan analisis dari literatur-literatur yang terpilih mengenai Metaverse, terkait adopsi teknologi Metaverse, beserta potensi dan tantangannya, terbatas dalam bidang-bidang tertentu yang muncul pembahasannya pada studi literatur kali ini, yaitu:

Adopsi, potensi dan tantangan di bidang pendidikan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Teknologi imersif berupa terutama AR dan VR, telah banyak diperkenalkan dalam dunia pendidikan untuk menjembatani antara dunia virtual dan dunia nyata, contohnya objek-objek pembelajaran yang tidak memungkinkan dibawa ke ruang kelas secara *real-time* dapat diwakili dengan teknologi ini, tidak terbatas sebagai miniatur tetapi juga dapat sebagai simulator bagi siswa, sehingga pemahaman siswa mengenai suatu hal dapat lebih mendalam. Untuk ke depannya dapat ditingkatkan ke penggunaan teknologi imersif yang berupa MR dan XR, sehingga batas antara dunia virtual dan dunia nyata semakin tipis dan siswa dapat mencicipi apa itu dunia Metaverse, sebelum masuk sepenuhnya ke sana.

Potensi Metaverse di dunia pendidikan di masa depan yaitu salah satunya siswa dapat kapan saja berinteraksi dengan rekan-rekannya dan dengan pengajar atau instruktur tanpa terkendala dengan dengan pembelajaran yang terjadwal dan terbatas waktunya. Metaverse juga dapat mendukung program-program pendidikan, misalnya akreditasi dan sertifikasi profesional bagi pelajar ataupun pengajarnya melintasi batasan wilayah atau negara sesuai dengan yang dibutuhkan. Bahkan Metaverse dapat memfasilitasi siswa penyandang disabilitas untuk mengakses peluang pendidikan dan sosial secara setara dengan yang lain. Pendidikan dengan melakukan simulasi dengan menggunakan Metaverse sangat berguna sebelum para pembelajar mengoperasikan peralatan yang sebenarnya.

Tantangan yang dihadapi adalah adanya ketimpangan kepemilikan akses teknologi moderen yang dibutuhkan untuk mengakses Metaverse, sehingga hak kesetaraan dalam memperoleh pendidikan mungkin membutuhkan tambahan waktu. Negara-negara di mana pendidikan berdasarkan pengalaman sulit dilakukan, misalnya di wilayah yang belum berkembang hasilnya akan lebih efektif, tetapi tantangannya adalah penyediaan sumber daya Metaverse yang dibutuhkan di sana.

Adopsi, potensi dan tantangan di bidang bisnis dan pemasaran, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Jalan-jalan secara melalui wisata virtual melalui VR yang telah banyak dibuat saat ini ikut mengangkat promosi dan pemasaran tempat wisata dan perhotelan. Konten iklan telah dirintis pada dunia virtual yang saat ini telah ada, contohnya seperti di platform The Sandbox, Decentraland, dan Roblox dan di masa depan akan semakin banyak hal sejenis yang diciptakan serta lebih detail dan kompleks, sehingga selain di bidang pendidikan, bidang bisnis dan pemasaran merupakan bidang paling berpotensi dalam penerapan Metaverse.

Metaverse berpotensi membuat perusahaan untuk membuat pasar yang baru, serta beriklan di sana, karena Metaverse memberikan keuntungan yaitu produk virtual membutuhkan sumber daya yang lebih sedikit dibandingkan dengan produk yang nyata. Kaum muda berpotensi besar untuk ikut berpartisipasi dalam kegiatan ekonomi di Metaverse, karena kalangan ini;ah yang banyak berpartisipasi dalam pemasaran digital contohnya belanja secara *online* yang saat ini telah banyak dilakukan, baik berbelanja produk nyata ataupun produk virtual yang digunakan dalam *game*. Interaksi antara pelanggan dengan pihak perusahaan dalam beberapa kasus dapat diwakilkan pada chatbot dan AI yang modern, yang saat ini sudah mulai banyak dikembangkan.

Tantangan dalam berbisnis atau beriklan di Metaverse adalah dibutuhkan usaha yang lebih untuk membuat kaum yang berusia lanjut karena keterbatasan mereka dalam menguasai teknologi. Tantangan yang lain adalah pada segi keamanan bisnis dan privasi dari pengguna, serta perlindungan hak cipta atas konten Metaverse melalui NFT perlu untuk lebih diperhatikan. Strategi pemasaran untuk metaverse harus ditinjau dan disesuaikan lagi karena sangat berbedanya pola bisnis di dunia virtual dan dunia nyata. Tantangan berikutnya adalah bagaimana mendorong bisnis-bisnis tradisional untuk ikut mengadopsi Metaverse, sehingga tidak terlindas oleh zaman dan tetap bisa bertahan dengan melibatkan pihak pemangku kebijakan untuk membuat regulasi-regulasinya.

Adopsi, potensi dan tantangan di bidang kesehatan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Penerapan teknologi yang mendukung Metaverse di bidang kesehatan, telah banyak dilakukan, antara lain pada tahun 2020 Augmedics menciptakan headset AR yang telah berhasil digunakan di Rumah Sakit Johns Hopkins dalam operasi bedah syaraf pada tulang punggung manusia, kemudian alat bernama EaseVR yang digunakan dalam pengobatan sakit punggung menggunakan headset dan pengontrol VR. Teknologi digital twin juga telah digunakan untuk memberikan informasi penting terkait rekaman data kesehatan dari dan untuk pasien.

Potensi Metaverse di bidang kesehatan sangat menjanjikan dan luas area penerapannya, contohnya kacamata berteknologi AR dapat digunakan oleh pasien untuk dapat melakukan panggilan langsung berbasis video secara *real-time* untuk berkonsultasi dengan dokter terutama di situasi darurat yang membutuhkan penanganan segera. Metaverse juga berpotensi merevolusi pendidikan dan pelatihan di kedokteran dimana dapat menjelaskan prosedur praktis di samping pengetahuan secara teoritis. Metaverse juga berpotensi dapat mensimulasikan prosedur secara *real-time* mengenai informasi detail dari anatomi manusia hingga ke tingkat sel.

Tantangan yang dihadapi dalam penerapan Metaverse di bidang kesehatan adalah masalah biaya yang tinggi, hilangnya privasi, masalah etika, dan masalah kesepakatan dari administrasi dan organisasi layanan kesehatan, selain itu penggunaan AI sebagai pengganti sosok dokter perlu diawasi dengan ketat dan ditinjau terus menerus karena kesalahan akurasi dapat menimbulkan efek negatif yang fatal bagi kesehatan pasien.

Adopsi, potensi dan tantangan di bidang industri manufaktur, dapat disimpulkan sebagai berikut:

Saat ini alat pencetakan 3D atau disebut juga Additive Manufacture (AM) berbasis komputer di bidang industri manufaktur adalah contoh penerapan teknologi yang mendukung Metaverse, sehingga masyarakatpun bisa ikut berpartisipasi tidak lagi menjadi hak istimewa dari pendesain profesional, siapapun bisa ikut mencoba mendesain dengan adanya alat cetak 3D ini. Contoh nyata lainnya adalah BMW melakukan simulasi operasionalnya di sejumlah 31 pabriknya dengan memadukan kenyataan dengan VR dan AI pada Omniverse Nvidia sehingga dapat mengefisienkan waktu perencanaan produksinya sebesar 31%. Tidak hanya itu, Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) mengombinasikan VR, AR dan MR di pabrik sekrup, sehingga para pengunjung pabrik tersebut dapat melihat, mengopersaikan, bahkan mengujicoba pengaturan dari pabrik untuk dilihat dampaknya, lalu dengan platform ThinkReality dari Lenovo, tenaga ahli dapat mengetahui jika mesin bermasalah dan mensimulasi perangkat dari proses pembuatan, pengujian hingga analisis dan memvalidasi proses produksi.

Potensi di bidang industri manufaktur ini antara lain: Metaverse dapat dimanfaatkan untuk perancangan tata letak pabrik dan komponennya, membuat ruang kreasi bersama antara pihak perusahaan, perancang dan produsen, serta melakukan pelatihan karyawan tentang pengoperasian dan pemeliharaan peralatan secara virtual terutama untuk alat-alat yang paling sulit dan berpotensi bahaya yang tinggi. Dengan adanya Metaverse ini, memungkinkan pihak manajer operasional untuk konfigurasi yang terbaik dalam pengalokasian sumber daya, serta dapat menghasilkan interaksi yang lebih transparan dan kolaboratif dengan pihak *supplier*. Selain itu, pembuatan prototipe akan lebih cepat dengan manufaktur aditif yang didukung oleh Metaverse.

Tantangan yang arus dipikirkan dan dicari solusinya di masa depan yaitu bagaimana memodelkan lingkungan industri manufaktur dalam skala besar dalam Metaverse, serta masalah keamanan, privasi dan kepercayaan juga menjadi tantangan umum Metaverse di masa depan dalam segala bidang termasuk di bidang industri manufaktur dalam kaitannya dengan Big Data.

Berdasarkan studi yang telah dilakukan, maka komponen, kebutuhan Metaverse dan tantangannya di masa depan dan tantangannya, terangkum dalam tabel 3 berikut ini:

Tabel 3. Komponen Pendukung Metaverse

KOMPONEN METAVERSE			
Komponen	Saat Ini	Kebutuhan Masa Depan	Tantangan
Perangkat Keras	Head Mounted Display (HMD) + Pengontrol Tangan	Smartglass + Sensor yang Kompleks	Belum nyamannya perangkat dengan sumber energi (batere) yang belum tahan lama. Sensor terbatas pada mendeteksi gerakan tangan dan mata, belum mencapai representasi bau dan sentuhan, dan pro-kontra tentang chip dalam tubuh
	Mixed Reality (MR) Headset	Smart Contact Lenses + Sensor yang Kompleks	
	Smartglass	Chip dalam tubuh	
	Sensor Gerak		
Teknologi dan AI untuk Interaksi Pengguna	Extended Reality/XR (AR+VR+MR)	Kesatuan Lingkungan Virtual dan terhubung dengan lingkungan nyata	Lingkungan virtual masih saling terpisah antar pengembang
	Jaringan Internet 5G	Jaringan Internet 6G	Jaringan Internet 5G belum merata
	Model dan Simulasi 3D	Digital Twins dengan Realistic 3D Rendering	Kurang terjangkau harga perangkat pendukung yang mampu menampilkan visual 3D yang sesuai.

KOMPONEN METAVERSE			
Komponen	Saat Ini	Kebutuhan Masa Depan	Tantangan
	Face Detection		
	Face Recognition		Mode pengenalan wajah untuk pembuatan avatar, dikhawatirkan berdampak negatif hilangnya jati diri asli pengguna, dan semakin mengisolasi diri dari kehidupan sosial di dunia nyata, serta perlu dikembangkan avatar yang dibuat untuk mewakili manusia atau hewan peliharaan lengkap dengan ekspresi wajah tanpa perlu bantuan emoticon lagi.
	Facial Micro-Expression Recognition		
	Pose Detection		Dibutuhkan sensor gerak yang lebih kompleks agar gerakan dan ekspresi tubuh dapat divisualkan dengan lebih akurat.
	Penerjemah Bahasa	Penerjemah multi-bahasa real-time berbasis audio (audio ke audio)	Saat ini penerjemah bahasa yang real-time masih berupa teks
	Web 2	Web 3.0 + Blockchain	Web 3 belum diadopsi secara luas, perlu penggantian aplikasi, belum banyak pengembangnya
Ruang Penyimpanan Data	Drive Fisik/Lokal		Masih banyaknya pemakaian ruang penyimpanan fisik saat ini karena kurangnya kepercayaan pengguna terhadap keamanan data mereka di cloud, akibat masih banyaknya kasus peretas dan penjualan data pribadi secara ilegal di internet.
	Cloud Storage		
	Edge Storage		
Transaksi Keuangan	Uang Fisik Uang Digital Cryptocurrency	Berbasis blockchain: Cryptocurrency, Non-Fungible Token (NFT), Decentralized Finance (De-Fi)	Banyaknya kasus penipuan berkedok kripto, membuat mata uang kripto dan berbagai layanannya belum sepenuhnya dapat dipercaya keamanannya oleh publik
Regulasi	Belum semua negara merumuskan	Standar regulasi hukum dan etika yang jelas	Perbedaan kemampuan adopsi setiap teknologi pendukung Metaverse di setiap negara

Penelitian ini menyarankan untuk penelitian berikutnya untuk juga lebih banyak dilakukan selain pada bidang-bidang yang disebut di atas, misalnya dalam bidang pertanian, militer, keamanan jaringan, produk-produk teknologi pendukung Metaverse terbaru, serta produk-produk hukum atau regulasi baru yang dikeluarkan oleh pihak yang berwenang atau pemerintah terkait dengan Metaverse, mengingat bila Metaverse ini berhasil untuk diwujudkan secara global maka semua bidang akan dibutuhkan perannya yang didukung oleh keamanan dan dan regulasi yang meningkatkan tingkat kepercayaan dan kepastian bagi para penggunanya.

4. KESIMPULAN

Penelitian tentang Metaverse dari tahun terakhir 2019 hingga 2024 paling banyak dilakukan di bidang multidisiplin ilmu, disusul oleh penelitian di bidang pendidikan, bisnis dan pemasaran yang juga mencakup pariwisata, bidang kesehatan, dan terakhir di bidang industri manufaktur. Metaverse masih berupa konsep yang berjalan sehingga penelitian tentang Metaverse masih berupa studi literatur yang dipadukan dengan perkembangan teknologi-teknologi pendukungnya, lalu memprediksi perkembangan dan tantangan-tantangannya serta memberikan saran-saran yang dapat dilakukan di masa depan. Metaverse tidak berdiri sendiri dan tidak mungkin diwujudkan secara nyata tanpa peranan semua teknologi komponen pendukungnya, yaitu mulai dari dukungan perangkat kerasnya, AI untuk interaksi penggunaannya, ruang penyimpanan datanya, transaksi keuangannya, kesiapan lingkungan sosial dan manusianya serta pengampu regulasinya. Semakin pesat perkembangan hal-hal tersebut maka semakin cepat pula Metaverse dapat diwujudkan demikian pula

sebaliknya. Metaverse hingga tahun 2024 ini masih menjadi pekerjaan rumah (PR) yang besar bagi banyak pihak, dimana Metaverse sendiri diprediksi baru akan dapat diwujudkan sekitar 15 atau 20 tahun lagi.

REFERENSI

- [1] H. Wang *et al.*, “A Survey on the Metaverse: The State-of-the-Art, Technologies, Applications, and Challenges,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 10, no. 16, pp. 14671–14688, 2023, doi: 10.1109/JIOT.2023.3278329.
- [2] T. Huynh-The *et al.*, “Blockchain for the metaverse: A Review,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 143. Elsevier BV, pp. 401–419, 2023. doi: 10.1016/j.future.2023.02.008.
- [3] 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.
- [4] 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>
- [5] 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.
- [6] 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/c12.1230>.
- [7] B. Zakarneh, N. Annamalai, E. K. Alquqa, K. M. Mohamed, and N. R. Al Salhi, “Virtual Reality and Alternate Realities in Neal Stephenson’s ‘Snow Crash,’” *World J. English Lang.*, vol. 14, no. 2, pp. 244–252, 2024, doi: 10.5430/wjel.v14n2p244.
- [8] S. Kraus, D. K. Kanbach, P. M. Krysta, M. M. Steinhoff, and N. Tomini, “Facebook and the Creation of the Metaverse: Radical Business Model Innovation or Incremental Transformation?,” *Int. J. Entrep. Behav. Res.*, vol. 28, no. 9, pp. 52–77, 2022, doi: 10.1108/IJEBr-12-2021-0984.
- [9] L. Xu, D. Towey, A. P. French, and S. Benford, “Uncovering the Metaverse within Everyday Environments: a Coarse-to-Fine Approach,” 2024, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2404.17587>
- [10] M. Cruz, A. Oliveira, and A. Pinheiro, “Faraway, so Close: Perceptions of the Metaverse on the Edge of Madness,” *Computers*, vol. 13, no. 1, 2024, doi: 10.3390/computers13010019.
- [11] L.-H. Lee *et al.*, “All One Needs to Know about Metaverse: A Complete Survey on Technological Singularity, Virtual Ecosystem, and Research Agenda,” *arXiv Prepr. arXiv ...*, 2021, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2110.05352>
- [12] M. Damar, “Metaverse Shape of Your Life for Future: A bibliometric snapshot,” *J. Metaverse*, vol. 1, no. 1, pp. 1–8, 2021, [Online]. Available: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jmv/issue/67581/1051371>
- [13] S. M. Park and Y. G. Kim, “A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges,” *IEEE access*, 2022, [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9667507/>
- [14] Y. Wang *et al.*, “A Survey on Metaverse: Fundamentals, Security, and Privacy,” *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 25, no. 1, pp. 319–352, 2023, doi: 10.1109/COMST.2022.3202047.
- [15] Y. K. Dwivedi *et al.*, “Metaverse Beyond the Hype: Multidisciplinary Perspectives on Emerging Challenges, Opportunities, and Agenda for Research, Practice and Policy,” *Int. J. Inf. Manage.*, vol. 66, 2022, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542.
- [16] H. Wang *et al.*, “A Survey on the Metaverse: The State-of-the-Art, Technologies, Applications, and Challenges,” *IEEE Internet Things J.*, vol. 10, no. 16, pp. 14671–14688, 2023, doi: 10.1109/JIOT.2023.3278329.
- [17] A. Koochang *et al.*, “Shaping the Metaverse into Reality: A Holistic Multidisciplinary Understanding of Opportunities, Challenges, and Avenues for Future Investigation,” *J. Comput. Inf. Syst.*, vol. 63, no. 3, pp. 735–765, 2023, doi: 10.1080/08874417.2023.2165197.
- [18] A. Habbal, M. K. Ali, and M. A. Abuzaraida, “Artificial Intelligence Trust, Risk and Security Management (AI TRiSM): Frameworks, applications, challenges and future research directions,” *Expert*

Syst. Appl., vol. 240, 2024, doi: 10.1016/j.eswa.2023.122442.

- [19] S. Mystakidis, "Metaverse," *Encyclopedia*. mdpi.com, 2022. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2673-8392/2/1/31>
- [20] A. Tlili *et al.*, "Is Metaverse in Education a Blessing or a Curse: A Combined Content and Bibliometric Analysis," *Smart Learning Environments*, vol. 9, no. 1. Springer, 2022. doi: 10.1186/s40561-022-00205-x.
- [21] S. K. Jagatheesaperumal, K. Ahmad, A. Al-Fuqaha, and J. Qadir, "Advancing Education Through Extended Reality and Internet of Everything Enabled Metaverses: Applications, Challenges, and Open Issues," *IEEE Trans. Learn. Technol.*, vol. 17, pp. 1120–1139, 2024, doi: 10.1109/TLT.2024.3358859.
- [22] J. Kim, "Advertising in the Metaverse: Research Agenda," *Journal of Interactive Advertising*, vol. 21, no. 3. Taylor & Francis, pp. 141–144, 2021. doi: 10.1080/15252019.2021.2001273.
- [23] B. Shen, W. Tan, J. Guo, L. Zhao, and P. Qin, "How to Promote User Purchase in Metaverse? A Systematic Literature Review on Consumer Behavior Research and Virtual Commerce Application Design," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 11, no. 23. mdpi.com, 2021. doi: 10.3390/app112311087.
- [24] K. Giang Barrera and D. Shah, "Marketing in the Metaverse: Conceptual understanding, framework, and research agenda," *J. Bus. Res.*, vol. 155, 2023, doi: 10.1016/j.jbusres.2022.113420.
- [25] D. Buhalis, D. Leung, and M. Lin, "Metaverse as a Disruptive Technology Revolutionising Tourism Management and Marketing," *Tourism Management*, vol. 97. Elsevier, 2023. doi: 10.1016/j.tourman.2023.104724.
- [26] R. Chengoden *et al.*, "Metaverse for Healthcare: A Survey on Potential Applications, Challenges and Future Directions," *IEEE Access*, vol. 11, pp. 12764–12794, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3241628.
- [27] X. Yao, N. Ma, J. Zhang, K. Wang, E. Yang, and M. Faccio, "Enhancing Wisdom Manufacturing as Industrial Metaverse for Industry and Society 5.0," *J. Intell. Manuf.*, vol. 35, no. 1, pp. 235–255, 2024, doi: 10.1007/s10845-022-02027-7.