

Analisis Perkembangan Teknologi dan Tren Terkini Pada Platform Metaverse dalam Pendidikan: Perspektif Manajerial

Iza Guspian^{1*}, Indah Noviyanti², Ary Fakturrachman Aryansyah³

^{1*,2,3}Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Bangka Belitung, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Aug 31, 2024

Accepted Okt 08, 2024

Published Online Okt 29, 2024

Keywords:

Platform Metaverse

Pendidikan

Analisis Bibliometrik

Manajerial

ABSTRAK

Seiring dengan berkembangnya dunia virtual, peran metaverse dalam pendidikan semakin meningkat dan memerlukan integrasi yang handal dalam sistem pendidikan untuk mencapai tujuan optimal. Penelitian ini menggunakan analisis bibliometrik untuk mengevaluasi perkembangan dan tren terkini pada platform metaverse dalam konteks pendidikan berdasarkan artikel-artikel yang diterbitkan antara tahun 2007 hingga 2023. Meskipun teknologi dunia virtual imersif dan infrastrukturnya masih dalam tahap pengembangan untuk lintas platform, perhatian penelitian terhadap dampak transformatif metaverse dalam pendidikan terus meningkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam era digital yang semakin cepat berubah, dengan penerapan teknologi metaverse khususnya yang didukung oleh kecerdasan buatan dari prediksi hingga evaluasi, bahwasanya menjadi sangat penting dalam mengatasi tantangan interaksi di lingkungan virtual. Tren saat ini menunjukkan peningkatan penggunaan metaverse dan *neural network* pada deep learning dan machine learning seperti CNN, ANN, RNN, atau kombinasi ANN-RNN. Selain itu, perspektif manajerial juga melihat bahwa perlunya skenario pembelajaran yang tepat dengan memanfaatkan teknologi metaverse terintegrasi secara efektif agar dirasakan manfaat dalam pendidikan, serta diketahui *virtual simulation learning*, *augmented learning* dan *collaborative learning* banyak digunakan untuk keperluan medis. Penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi peneliti dan pendidik dengan meningkatkan pemahaman mengenai platform metaverse dan kecerdasan buatan, serta menawarkan bagaimana menerapkan teknologi ini untuk mencapai hasil pendidikan inovatif yang lebih baik di masa depan.

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



Corresponding Author:

Iza Guspian,

Program Studi Manajemen,

Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Bangka Belitung, Indonesia

Gang IV No.1, Balun Ijuk, Kec. Merawang, Kabupaten Bangka, Kepulauan Bangka Belitung 33172

Email: iza@ubb.ac.id

How to cite: Guspian, I., Noviyanti, I., & Aryansyah, A. F. (2024). Analisis Perkembangan Teknologi dan Tren Terkini Pada Platform Metaverse dalam Pendidikan: Perspektif Manajerial. *Jurnal Riset Dan Inovasi Pembelajaran*, 4(3). <https://doi.org/10.51574/jrip.v4i3.2059>

Analisis Perkembangan Teknologi dan Tren Terkini Pada Platform Metaverse dalam Pendidikan: Perspektif Manajerial

1. Pendahuluan

Saat ini, kehadiran metaverse memberikan warna tersendiri bagi kehidupan kita dengan elemen AR atau VR (Jeong, 2022; Meta, 2022), yang aplikasinya diciptakan terhubung untuk melihat dunia terasa lebih nyata dalam aktivitas manusia. Sebagaimana lingkungan virtual, metaverse tidak hanya untuk lingkungan *virtual reality* (VR), *augmented reality* (AR), dan *mixed reality* (MR), tetapi juga menggabungkan teknologi web, internet, dan teknologi *extended reality* (XR) (Lee, 2021). Karena itu, metaverse mampu memberikan pembelajaran virtual kepada siswa termasuk tren utama dalam mengintegrasikan blockchain, AR, VR, MR, 5G, kecerdasan buatan (AI), dan teknologi lainnya (Foster, 2021) serta kebutuhan untuk meningkatkan pemahaman ke suatu sistem yang mengarah kepada perbaikan yang lebih baik.

Metaverse sebagai ruang virtual untuk lingkungan 3D imersif baru-baru ini menerima lonjakan minat di mana avatar bertindak sebagai pengguna yang dapat berinteraksi satu sama lain (Díaz, 2020; Lee, 2021). Sementara, metaverse dalam pendidikan bukanlah konsep baru karena implikasinya terhadap pembelajaran telah dibahas oleh para peneliti dan pendidik (Tlili, 2022). Sejak hadir pada tahun 2017 metaverse terus berkembang, terutama metaverse dalam lingkup pendidikan merupakan isu potensial untuk dikembangkan mengingat pandangan manusia terhadap teknologi berkembang sangat cepat (Zhao, 2022).

Novellino, (2022) mengusulkan Smart Education Platform (STEP), perangkat lunak multi-platform dengan layanan inovatif yang terintegrasi melalui penggunaan teknologi virtual reality (VR), augmented reality (AR), dan kecerdasan buatan, membuat pelatihan lebih interaktif, menarik, dan efisien dalam hal waktu, peluang, dan biaya. Beberapa studi sebelumnya mengungkapkan bahwa platform pendidikan yang canggih berkontribusi pada aktivitas manusia seperti platform Zinq AI (Malle, 2022), platform online AI KEPLAIR (Ferilli, 2022), aplikasi CABG sebagai platform pendidikan (Noor-Hanita, 2022), dan platform Moodle AI (Gamage, 2022). Di sisi lain, untuk *neural network* telah digunakan oleh banyak peneliti dalam memprediksi prestasi siswa di bidang akademik, termasuk *deep learning* adalah salah satu alat paling ampuh yang digunakan di berbagai bidang dalam pendidikan (Mueen, 2016; Precup, 2020).

Sedangkan, (Lee, 2021) menganalisis dengan menggunakan kecerdasan buatan untuk membuat avatar mereka, pengguna dapat belajar melalui dunia virtual untuk keterampilan

profesional serta melakukan pekerjaan profesional yang terhubung dengan dukungan pembelajaran yang efektif. Di metaverse, ada empat jenis yang disebutkan: *augmented reality*, *mirror worlds*, *lifelogging*, dan *virtual world* (Smart, 2007). Sedangkan, evaluasi dan penilaian, prediksi dan pembuatan profil, sistem panduan cerdas, serta adaptif dan personalisasi merupakan peran penting kecerdasan buatan dalam pendidikan (Zhai, 2020). Peneliti harus tetap fokus pada penempatan kerangka yang tepat dalam memprediksi kinerja siswa yang tinggi.

Dengan melibatkan kecerdasan buatan dan kekuatan metaverse di berbagai bidang dalam pengembangan teknologi informasi dan integrasi industri menjadi tren yang tak terelakkan. Studi (Guo, 2022) mengusulkan model fusi CNN-RNN untuk mengenali emosi siswa EEG dalam pengalaman mengajar bahasa Inggris melalui fitur spasial domain waktu, domain spasial, dan domain frekuensi dalam mencerminkan efek metaverse dari pengalaman mengajar bahasa Inggris yang powerful. Faktanya, *convolutional neural network* (CNN) dapat mengevaluasi keakuratan teknologi web 2.0 dalam sistem pengajaran sepak bola lingkungan belajar kooperatif (Lin, 2022).

Tren penelitian dalam pendidikan yang berhubungan dengan teknologi metaverse memerlukan analisis mendalam dan segera dilakukan sehingga fokus spesifik yang diinginkan dapat diperoleh. Diakui akhir-akhir ini tumbuh pesat kecerdasan buatan dengan beragam minat, termasuk pendidikan teknik (Shukla, 2019), pendidikan matematika (Hwang, 2021), pendidikan keperawatan (Chung, 2019), dan pembelajaran kimia (Wu, 2021), penelitian ini mengambil langkah untuk meninjau berbagai dimensi pada platform metaverse dalam pendidikan yang terintegrasi dengan teknologi lainnya terutama kecerdasan buatan. Di mana, sebelumnya para peneliti telah mengidentifikasi analisis bibliometrik dan tinjauan literatur yang memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan kompatibel dalam pendidikan (Djeki, 2022; G. J. Hwang, Tu, Y. F., & Tang, K. Y., 2022; Hwang, 2020; López-Robles, 2019), sementara kami berfokus pada platform metaverse dalam pendidikan dengan perspektif manajerial dan multidisiplin ilmu pada periode 2007-2010; 2011-2017; 2018-2023. Bagaimanapun, perlu untuk mengisi celah ini agar dapat membantu para pendidik dan peneliti dalam memperoleh platform metaverse melalui konsep teknologi yang terintegrasi. Penelitian ini memiliki lima pertanyaan sebagai berikut:

- a. Apa tren penelitian yang paling banyak diselidiki pada platform metaverse dalam pendidikan periode 2007-2010; 2011-2017; 2018-2023?
- b. Apa saja peran platform metaverse dalam pendidikan?
- c. Teknologi apa saja yang paling banyak digunakan dalam platform metaverse untuk

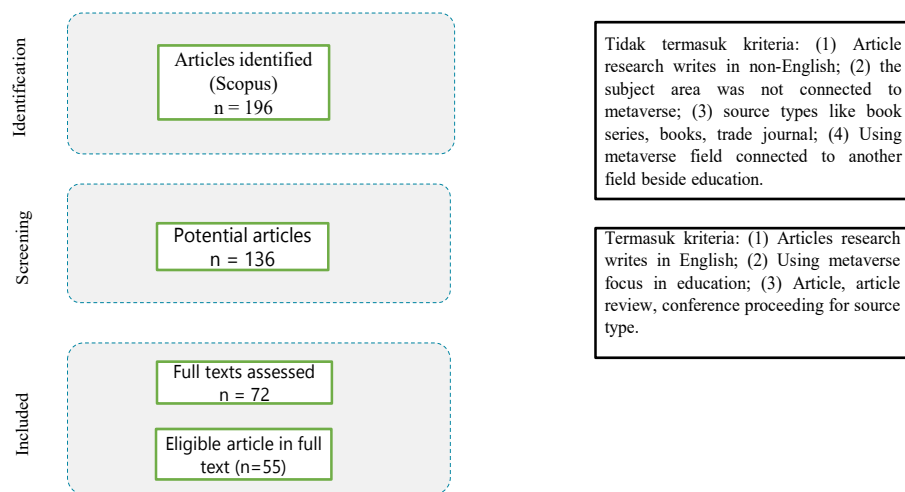
pendidikan?

- d. Bagaimana platform metaverse digunakan dalam skenario pembelajaran?
- e. Kelompok sampel apa saja yang dipilih dalam penelitian terkait platform metaverse dalam pendidikan?

2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan analisis bibliometrik (Hwang, 2022b; Shukla, 2019; Tu, 2020), fokusnya pada platform metaverse dalam pendidikan yang terintegrasi teknologi lainnya selama 3 periode, yaitu: 2007-2010, 2011-2017, 2018-2023. Kami menelusuri situs web Scopus dikarenakan sudah memenuhi kebutuhan penelitian dengan *keyword* dan topik penelitian terkait platform metaverse dalam pendidikan. Pencarian menggunakan metode analisis prisma dengan kode *query string* seperti ini: (TITLE-ABS-KEY(virtual reality) OR TITLE-ABS-KEY (augmented reality) OR TITLE-ABS-KEY(mixed reality) OR TITLE-ABS-KEY(avatar))AND (TITLE-ABS-KEY(artificial intelligence) OR TITLE-ABS-KEY(machine learning) OR TITLE-ABS-KEY(deep learning) OR TITLE-ABS-KEY(natural language processing) OR TITLE-ABS-KEY(robotic))AND (TITLE-ABS-KEY(metaverse in education)).

Setelah mengidentifikasi 196 artikel penelitian dari Scopus melalui kode *query string*, kami menfilter hanya konteks terkait platform metaverse dalam pendidikan, selanjutnya fokus areanya platform metaverse yang potensial sebanyak 136 artikel penelitian, sementara ada 19 artikel penelitian duplikat diabaikan dan 45 artikel tidak spesifik mendalam membahas metaverse. Dalam proses seleksi diperoleh 72 artikel dengan teks lengkap dan akhirnya 55 artikel penelitian yang dianalisis lebih dalam (Gambar 1).



Gambar 1. Alur Pencarian Database

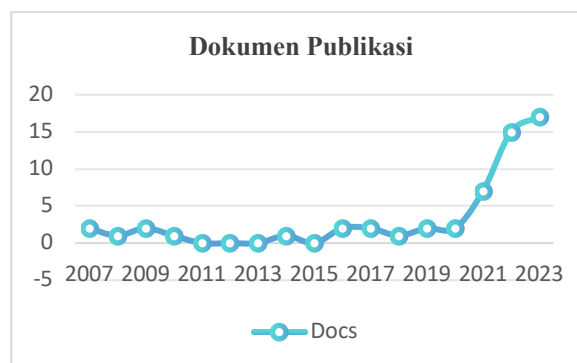
Tinjauan literatur mengacu pada model teoritis dari (Hsu, 2012; Hwang, 2022b; Tlili, 2022; Zhang, 2018; Zhao, 2022), yang direpresentasikan melalui peran metaverse, kelompok sampel, teknologi metaverse dan kecerdasan buatan yang digunakan, skenario pembelajaran metaverse, dan tren penelitian. Jurnal penelitian yang paling banyak dikutip, kami memasukkan daftar tersebut ke dalam setiap dimensi, seperti di bawah ini:

- a. Simulasi virtual, keterampilan, interaksi, dan komunikasi yang memungkinkan banyak pengalaman dalam praktik dengan *virtual reality*, penyertaan di bidang medis, keperawatan, teknik, ilmu sosial, dan perawatan pesawat terbang. Jika dikaitkan dengan kecerdasan buatan dan metaverse berpotensi memberikan nilai tambah pada aplikasi, yang pada akhirnya memberikan pengguna kemudahan dan penyelesaian kebutuhan manusia (Zhao, 2022).
- b. Peran kecerdasan buatan dan metaverse: kombinasi kecerdasan buatan terhadap *intelligent NPCs peers*, siswa, dan tutor cerdas yang selaras dengan simulasi, arbitrase, dan pengambilan keputusan di metaverse (Huang, 2021; Hwang, 2022b). Adapun (Liang, 2021) menyampaikan peran kecerdasan buatan dalam pendidikan yang mengkategorikan prediksi, sistem pembelajaran adaptif, serta asesmen & evaluasi. Sementara, (Almarzouqi, 2022) memprediksi dan menilai niat pengguna menggunakan sistem metaverse dengan algoritma *machine learning* dan *neural network deep learning*.
- c. Tren: Memahami tren di masa mendatang begitu penting bagi para pendidik dan peneliti terlepas dari bidang ilmu apapun. Maka, konsen pada metode bibliometrik dan tinjauan literatur berbasis teknologi sangat direkomendasikan (Hwang, 2022b; G. J. Hwang, Tu, Y. F., & Tang, K. Y., 2022; Liu, 2021).
- d. Skenario Pembelajaran: Metaverse menyediakan lingkungan pembelajaran yang mendalam melalui *blended learning*, *hybrid learning*, *collaborative learning*, *game-based learning*, *individual learning*, *virtual learning*, *mobile learning*, dan *micro learning* (Tlili, 2022).
- e. Kecerdasan buatan dalam pembelajaran e-learning: (Heift, 2007) mengungkapkan bahwa algoritma kecerdasan buatan diterapkan melalui *deep learning neural network*, *machine learning*, *natural language parsing*, *bayesian inferencing*, dan lain lain. Di sisi lain, interaksi membutuhkan kolaborasi untuk meningkatkan pengalaman VR individu dengan mencerminkan karakteristik NPCs (Zhang, 2018).
- f. Kelompok sampel penelitian: kelompok sampel penelitian dibagi menjadi sekolah menengah atas, guru, kelompok campuran, kelompok tertentu, dan tidak spesifik ditentukan (Hsu, 2012).

3. Hasil dan Pembahasan

Tren penelitian platform metaverse dalam pendidikan periode 2007-2010, 2011-2017, 2018-2023

Gambar 2 mengilustrasikan publikasi dari tahun 2007 hingga 2023. Pada periode 2007-2010 bahwa beberapa aplikasi dan lingkungan virtual, seperti *second life* mulai muncul, dimana para peneliti memanfaatkan teknologi ini untuk mengembangkan penelitian mereka di berbagai bidang keilmuan, periode 2007-2010 dengan 6 penelitian dan periode 2011-2017 dengan 6 penelitian. Menariknya, adanya progres peningkatan pada periode 2018-2023 sebanyak 43 penelitian, ini menunjukkan metaverse dalam pendidikan bergerak positif ke depan seiring semakin banyak teknologi menyesuaikan kebutuhan pengguna dan pengguna memanfaatkan teknologi cara baru. Maka, dengan dukungan *virtual reality* dan *augmented reality* bahkan ditambah dengan peran kecerdasan buatan akan mampu melengkapi kebutuhan manusia.

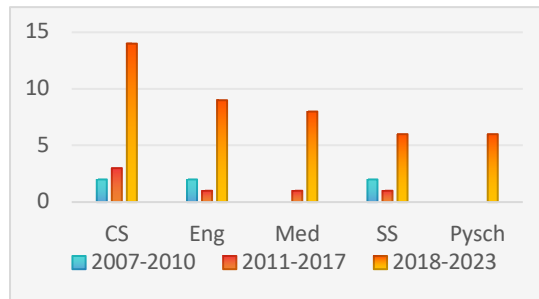


Gambar 2. Analisis Year by Year

Seperti yang ditampilkan pada Gambar 3, distribusi dokumen di area pendidikan periode 2018-2023 dengan masing-masing bidang keilmuan, yaitu: ilmu komputer (CS) sebanyak 14 dokumen, teknik (Eng) 9 dokumen, medis/kedokteran (Med) 8 dokumen, dimana masing-masing ilmu sosial (SS) dan psikologi (Pysch) sebanyak 6 dokumen. Pada periode 2011-2017, ilmu komputer (CS) sebanyak 3 dokumen penelitian, lebih banyak daripada teknik (Eng), medis/kedokteran (Med), dan ilmu sosial (SS) yang hanya memiliki 1 dokumen, sedangkan untuk periode 2007-2010, ilmu komputer (CS), teknik (Eng), dan ilmu sosial (SS) masing-masing memiliki 2 dokumen. Namun, tidak ada dokumen penelitian untuk periode 2007-2010 dan 2011-2017 di bidang psikologi.

Sehingga kita melihat bahwa periode 2007-2010 dan 2011-2017 masing-masing dimensi berada dalam fase pengembangan, dapat dilihat dari hasil di bawah sepuluh dokumen di setiap domain literasi, bahkan belum ada penelitian yang dimulai di bidang ini untuk

kedokteran dan psikologi sebelum 2011, ini menyiratkan bahwa dengan ditemukan teknologi metaverse dan kecerdasan buatan dalam pendidikan yang terintegrasi masih dalam tahap awal di mana para peneliti berfokus pada penggunaan teknologi kecerdasan buatan tanpa melibatkan metaverse, sementara pada tahun 2020-2022 era pandemi Covid 19 ada minat pada metaverse untuk memecahkan masalah dalam berinteraksi di lingkungan virtual satu sama lain yang memungkinkan kolaborasi antara dosen dan mahasiswa.



Gambar 3. Distribusi Dokumen berdasarkan Bidang Keilmuan

Tabel 1 mengulas mengenai benefit dan perspektif berbeda di masing-masing bidang keilmuan, seperti yang dikemukakan oleh (Li, 2022) bahwa lingkungan internet seluler dapat meningkatkan kualitas pengajaran sepak bola dengan strategi yang diusulkan. Sedangkan, algoritma naive Bayes digunakan oleh teknologi imersif dalam pendidikan untuk memasukkan modul kecerdasan buatan dalam pembelajaran berbasis permainan. Di bidang ilmu medis (Med) perlu simulasi untuk bedah saraf dalam kurva pembelajaran dengan melibatkan KNN dalam kecerdasan buatan sehingga penilaian pembelajarannya tepat (Bansal et al., 2022; Ledwos, 2022).

Untuk meningkatkan interaksi dalam hal komunikasi sosial virtual bagi anak autisme, diperlukan permainan cerdas sebagai pendukung (Bernardini, 2014). Sementara, menggunakan *peripheral facial palsy* melalui *virtual human social* juga untuk eksperimen dalam komunikasi dan pengenalan bagi penyandang disabilitas (Babaei et al., 2023; Guo, 2021).

Tabel 1. Bidang Keilmuan

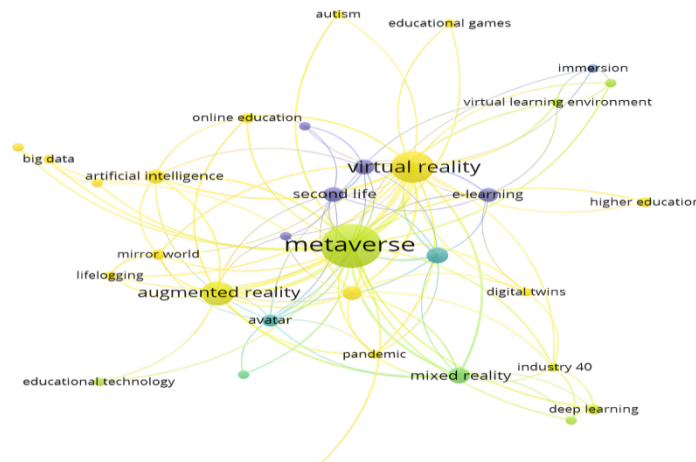
Penulis	Bidang Ilmu / Waktu	Fokus Artikel
(Li, 2022)	Computer Science (CS) 2018-2023	Menggunakan eksperimen simulasi pada strategi penyampaian video pengajaran sepak bola VR panorama 360 derajat yang dioptimalkan berbasis K-means.

Penulis	Bidang Ilmu / Waktu	Fokus Artikel
(Ahuja et al., 2023; Dyulicheva & Glazieva, 2021)	Computer Science (CS) 2018-2023	Menggunakan naive bayes dalam pembelajaran berbasis permainan yang memanfaatkan teknologi imersif dalam pendidikan dengan modul AI.
(Gouveia, 2023; Ledwos, 2022)	Medicine (Med) 2018-2023	Penilaian kurva pembelajaran digunakan dalam tugas-tugas bedah saraf simulasi dengan menggunakan metrik yang dipilih oleh kecerdasan buatan.
(Bernardini, 2014)	Computer Science (CS) 2011-2017	Menjalin komunikasi sosial virtual pada anak autis dalam <i>intelligent games</i> .
(Guo, 2021)	Engineering (Eng) 2018-2023	Menggunakan sistem peningkatan keterampilan interaksi sosial secara virtual untuk penyandang disabilitas.

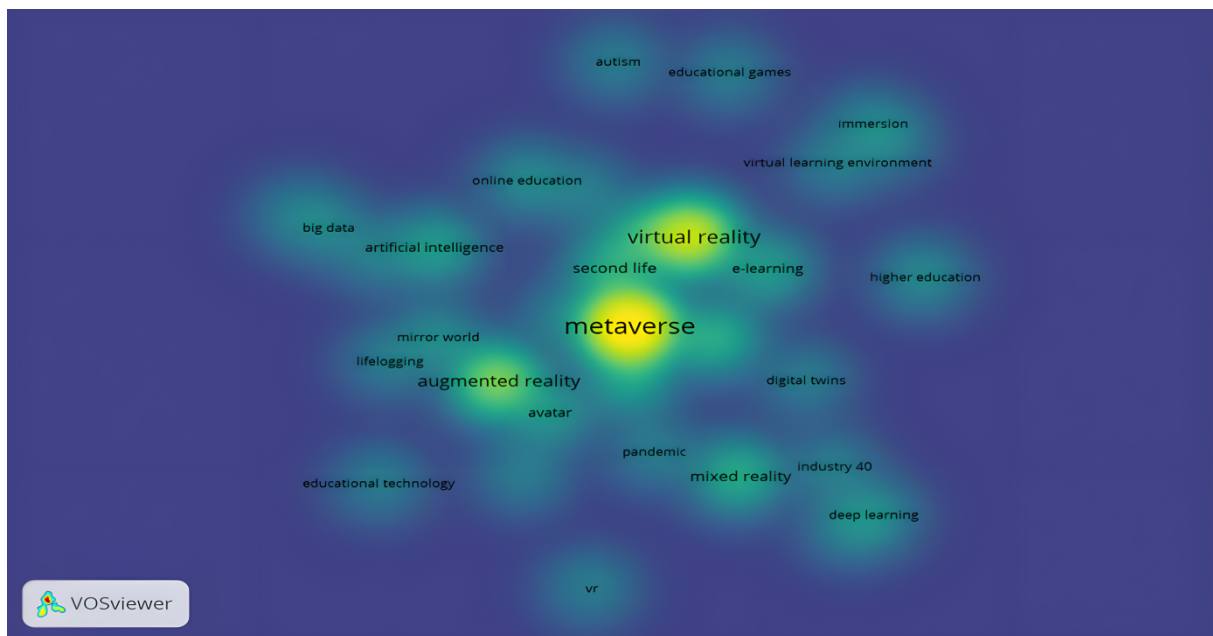
Analisis *keyword* untuk tren topik metaverse dalam pendidikan yang keterkaitan terlihat Gambar 4, berdasarkan tiga periode pada periode pertama, kita menemukan *virtual reality, second life, e-learning*. Selanjutnya, pada periode kedua, lingkungan 3D yang muncul dalam teknologi pendidikan, *mixed reality*, avatar, lingkungan belajar virtual, *lifelogging*, dan yang terkait dengan pengalaman langsung kontak dengan teknologi imersif (Beck et al., 2024). Pada periode ketiga terjadi peningkatan dunia pembelajaran dan penelitian untuk lebih peduli dengan penjelajahan metaverse, terutama yang terkait dengan kecerdasan buatan, di mana tujuannya untuk memberikan nilai tambah lebih pada prediksi sesuai dengan hal-hal terkait kebutuhan manusia, disini kehadiran terbanyak muncul dari big data, artificial intelligence, augmented reality, deep learning, machine learning, pendidikan online, dan metaverse hingga menjadi tren positif di tahun 2023.

Sedangkan, Gambar 5 kita menemukan kata kunci dominan: *metaverse, virtual reality, augmented reality, mixed reality, lifelogging*, industri 4.0, dan *deep learning* yang sudah tidak asing lagi di lingkungan pendidikan mengingat era digital saat ini menunjukkan formula pengajaran yang tepat digunakan. Tren metaverse yang terhubung dengan kecerdasan buatan muncul sebagai alternatif pengajaran bahwa dunia nyata mewakili tren menuju *deep learning* (Alhamad et al., 2022; Almarzouqi, 2022). Mengidentifikasi tren penelitian dapat memberikan wawasan tentang bagaimana pendekatan manajerial dalam pendidikan yang mungkin berubah seiring dengan perkembangan teknologi. Ini relevan karena manajerial

dalam pendidikan perlu memahami fokus penelitian dan pengajaran untuk merumuskan strategi yang tepat.



Gambar 4. Distribusi Tren Topik



Gambar 5. Visualisasi Platform Metaverse yang Dominan

Peran platform metaverse dalam pendidikan

Tabel 2 menunjukkan bahwa adanya peran *artificial intelligence* (AI) pada metaverse yang paling sering dalam pendidikan adalah “identifikasi/prediksi” periode 2018-2023 sebanyak 24 kali, diikuti oleh 3 kali untuk periode 2011-2017. Penilaian/evaluasi ditempatkan pada periode 2018-2023 sebanyak 23 kali dan hanya 2 kali pada periode 2011-2017. Terakhir, *adaptive learning system* berkontribusi 3 kali pada periode 2018-2023. Diketahui, peran kecerdasan buatan banyak bertambah pada periode terakhir.

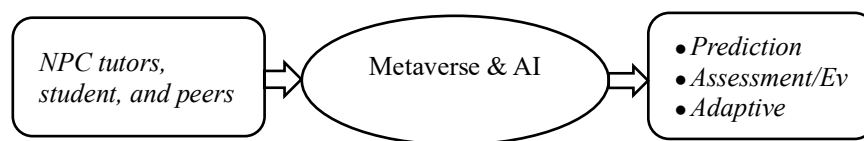
Sesuai dengan temuan yang ada mengenai masalah penelitian dalam hal

identifikasi/prediksi adalah perhatian utama saat ini untuk *deep learning* dan *machine learning* dalam lingkup kecerdasan buatan dan metaverse, kemudian dengan "evaluasi dan penilaian" terutama *interaction of speech* dan *image module*, tujuannya untuk mendukung kinerja pembelajaran siswa dan guru. Upaya untuk mengembangkan sistem pembelajaran adaptif akan menjadi tantangan untuk meningkatkan jumlah penelitian yang memiliki tujuan sama. *Non-player characters* (NPCs) akan mendukung metaverse terhubung dengan AI-Metaverse menghasilkan perspektif, penilaian, dan sistem pembelajaran adaptif yang tepat, yang diperoleh dari dominannya "identifikasi/prediksi" karena banyak peneliti fokus pada poin utama terlebih dahulu untuk mencapai tujuan penting, misalnya di bidang olahraga menggunakan kecerdasan buatan dan VR, serta di bidang medis/kedokteran pada penggunaan USG (Almarzouqi, 2022).

Menggambarkan peran penting metaverse dan *artificial intelligence* (AI) (Gambar 6), yaitu menyediakan ruang bagi NPCs untuk belajar yang akan mendukung metaverse dalam mengeksekusi, mensimulasikan dan membuat keputusan untuk menghasilkan perspektif, penilaian, dan sistem pembelajaran adaptif yang tepat bagi manajerial, sehingga pada akhirnya menghubungkan kecerdasan buatan dengan metaverse (G. J. Hwang, & Chien, S. Y., 2022) ke dalam kurikulum dan pengelolaan sumber daya.

Tabel 2. Peran Metaverse-AI pada asing-masing periode

AI	Peran Metaverse-	Periode	Jumlah Publikasi
Identifikasi/Prediksi		2011-2017	3
		2018-2023	24
Penilaian/Evaluasi		2011-2017	2
		2018-2023	23
<i>Adaptive Learning System</i>		2018-2023	3



Gambar 6. Kerangka pada Teknologi Metaverse

Teknologi yang paling banyak digunakan dalam platform metaverse

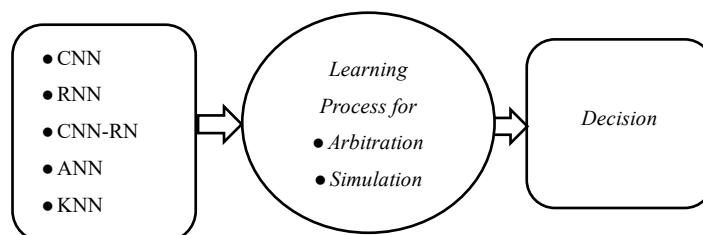
Sebagian besar penelitian pada Tabel 3 dihasilkan oleh *neural network techniques* mengarah pada *deep learning* untuk periode 2018-2023. *Deep learning*, salah satu *artificial neural network* sering disebut *Convolutional Neural Network* (CNN), yang lazim digunakan untuk pengenalan dan klasifikasi gambar atau objek. Oleh karena itu, *deep learning* dapat mengenali objek dalam teks menggunakan *Recurrent Neural Network* (RNN) dan gambar

menggunakan CNN (Bercich et al., 2023; Lee, 2023). Dalam pengenalan dan klasifikasi berbagai kelas emosi wajah dengan melatih berbagai set gambar, algoritma pembelajaran mesin sering digunakan (Lee, 2023a) Dalam konteks ini, penerapan algoritma berkontribusi dalam beberapa bidang identifikasi, penelitian psikologis, dan masih banyak lagi masalah dunia nyata. Sistem e-learning berbasis CNN-RNN dikembangkan mulai tahun 2015 hingga 2017, namun setelah tahun 2017 seperti teknologi komunikasi, *virtual reality*, grafik dan pengembangan mode teknologi kecerdasan buatan yang terintegrasi inovatif, memungkinkan konfigurasi ruang virtual mirip kenyataan dengan biaya lebih rendah (Jeon, 2021). Sementara, untuk naive Bayes dan KNN melalui *machine learning*, diperoleh 3 kali untuk periode 2018-2023, disebutkan K-means untuk cluster grup dalam periode yang sama.

Algoritma kecerdasan buatan menggunakan pendekatan teknis pada Gambar 7 untuk memecahkan masalah, mengevaluasi setiap kemungkinan dalam proses pembelajaran yang dituangkan ke dalam arbitrase dan simulasi untuk menghasilkan keputusan bagi manajerial dalam kerangka AI-Metaverse dalam pendidikan (Barry et al., 2015).

Tabel 3. Algoritma AI-Metaverse pada setiap periode

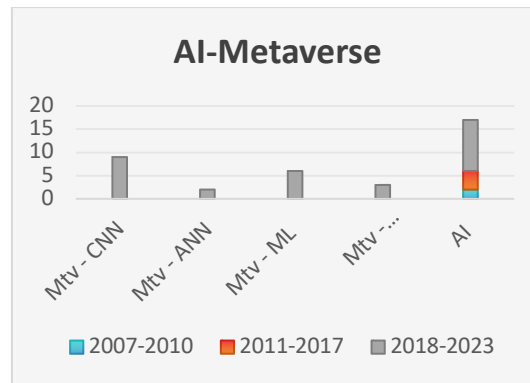
<i>AI-Metaverse (Algorithm)</i>	<i>Year Period</i>	<i>Occurrences</i>
ANN	2018-2023	5
CNN	2018-2023	10
RNN	2018-2023	8
CNN-RNN	2018-2023	7
Naive Bayes	2018-2023	3
KNN	2018-2023	3
AI Algorithm	2011-2017	4
	2018-2023	15



Gambar 7. Kerangka pada AI algorithm-Metaverse

Gambar 8 menunjukkan “(AI)” yang paling sering digunakan dimana kecerdasan buatan sebagai konsep dan fondasi utama, diikuti oleh Metaverse dengan CNN (Mtv-CNN) dengan *neural network* masing-masing, setelah itu teknik *machine learning* masih muncul penggunaannya terintegrasi dengan metaverse (Salman, 2023). Namun, kita dapat melihat keseluruhan bahwa teknologi metaverse dan kecerdasan buatan banyak ditemukan pada periode

ketiga (2018-2023), sementara periode lain hanya dalam jumlah kecil.



Gambar 8. Teknologi Platform Metaverse dan Kecerdasan Buatan

Platform metaverse digunakan dalam skenario pembelajaran

Virtual simulation learning paling sering muncul pada Tabel 4 untuk periode 2018-2023 dimana siswa membutuhkan keahlian dalam menciptakan pembelajaran yang imersif serta pengalaman pembelajaran yang menarik untuk 3D, sedangkan *augmented learning*, *VR & AR learning*, dan *collaborative learning* selisih tipis pada periode 2018-2023, ini banyak ditemukan untuk pembelajaran medis, tindakan responsif dengan alat yang mumpuni untuk pasien di rumah sakit. Sementara periode kedua 2011-2017 diisi oleh *game based learning* dan *e-learning*, dimana periode pertama peneliti tidak menemukan kaitan pembelajaran penggunaan platform metaverse dan kecerdasan buatan. Adanya peluang untuk *augmented learning* dan *collaborative learning* sangat besar, dengan perkembangan teknologi diyakini ke arah sana, sekaligus ini tantangan bagi para peneliti untuk menyediakan pembelajaran sesuai dengan kondisi generasi saat ini (Mitra, 2023).

Jika kita menganalisis secara menyeluruh, di periode terakhir 2018-2023 memungkinkan mempercepat cara pengajaran, perawatan, pengobatan, dan kebutuhan medis lainnya melalui skenario pembelajaran metaverse, serta penyandang disabilitas dan autisme menggunakan *games* sebagai sarana mereka untuk berinteraksi dengan jangkauan yang lebih luas, serta simulasi virtual, dan itu membuat mereka nyaman menggunakannya. Hal ini memberikan gambaran konkret yang berguna bagi manajerial untuk pengembangan program dan kebijakan pendidikan.

Tabel 4. Skenario Pembelajaran

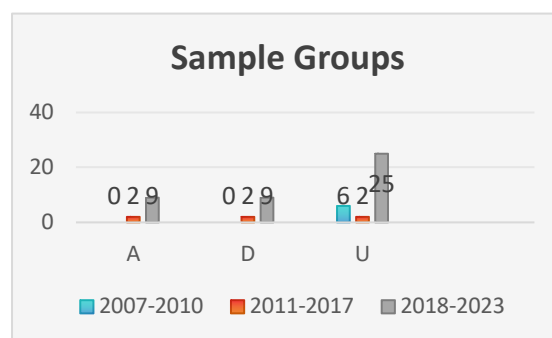
<i>AI-Metaverse (Algorithm)</i>	<i>Year Period</i>	<i>Occurrences</i>
<i>Collaborative Learning</i>	2018-2023	8
<i>Augmented Learning</i>	2018-2023	9
<i>VR & AR Learning</i>	2018-2023	8
<i>Virtual Simulation Learning</i>	2011-2017	1
	2018-2023	15

<i>AI-Metaverse (Algorithm)</i>	<i>Year Period</i>	<i>Occurrences</i>
<i>Mobile metaverse</i>	2018-2023	5
<i>Game based Learning</i>	2011-2017	5
<i>E - Learning</i>	2018-2023	4

Kelompok sampel yang dipilih pada platform metaverse dalam pendidikan

Kami mencoba mengambil sampel acak untuk semua data tingkat sekolah dasar sampai dengan universitas di database scopus terkait dengan platform metaverse, tetapi ketika melakukan analisis ditemukan kelompok dengan disabilitas (D), autisme (A), dan tidak keduanya (U). Meskipun pada Gambar 9 menggambarkan sampel siswa non-disabilitas/autisme masih unggul pada periode 2018-2023 dengan perbedaan cukup besar dari yang lain tetapi kami melihat potensi berkembang untuk platform pendidikan metaverse dan AI bagi disabilitas dan autisme, dengan masing-masing kelompok sama untuk periode 2011-2017 sebanyak 2 dan 2018-2023 sebanyak 9.

Sampel yang ada memperlihatkan bahwa periode terakhir terdapat tren peningkatan pada platform metaverse terintegrasi dengan kecerdasan buatan, dari perspektif manajerial bahwa kami optimis memang benar ada relevansi integrasi antara metaverse dan kecerdasan buatan dalam memberikan pengaruh baik terhadap kebutuhan siswa dan peningkatan *performance*. Untuk siswa penyandang disabilitas/autisme, kami menemukan bahwa platform metaverse harus meletakkan pondasi sistem yang dapat dipercaya dalam mencapai keadilan, transparansi, keamanan, dan akuntabilitas (Mohseni, 2021).



Gambar 9. Sampel Group pada Platform Metaverse

4. Kesimpulan dan Saran

Temuan penelitian menunjukkan bahwa keterlibatan kecerdasan buatan pada teknologi metaverse dapat membuka ruang yang luas dalam hal akses, tindakan nyata, cepat dengan biaya lebih efisien, serta memecahkan masalah sulit di dunia nyata dengan mudah *in real interaction in real time connections*. Penelitian ini juga melihat penerapan *lifelogging*

dalam pendidikan memiliki tantangan dari pemantauan pencarian kata kunci di mesin pencari.

Sementara itu bagaimana penginderaan fisiologis pada *augmented reality* (AR), *virtual reality* (VR), dan *lifelogging* dapat digunakan untuk meningkatkan pengalaman AR/VR kolaboratif jika digabungkan, serta untuk menangkap keadaan emosional seseorang, tingkat stres atau beban kognitif sebagai isyarat fisiologis, yang kemudian dibagikan di antara kolaborator VR/AR untuk meningkatkan koneksi dan pemahaman emosional. Dari perspektif manajerial, penelitian ini juga menganalisis adanya kemajuan dalam *virtual simulation learning* dan penggunaannya dalam bidang medis serta pembelajaran kolaboratif. Selain itu, penelitian ini memerhatikan tren terkini, peran platform metaverse yang didukung kecerdasan buatan dan skenario pembelajaran yang berdampak pada kurikulum lembaga pendidikan.

Keterbatasan penelitian ini adalah belum tersedianya dokumen yang besar dalam pencarian *keyword* tentang teknologi metaverse dan kecerdasan buatan khususnya untuk bidang pendidikan, tetapi kami melihat adanya tren positif metaverse untuk periode terakhir 2018-2023 sehingga membuka peluang untuk pengembangan di masa depan. Tentunya untuk menangkap peluang ini, seharusnya menyediakan sistem, prinsip dan konsep yang baik dan terpercaya di area pendidikan sehingga berdampak luas bagi pengguna, baik siswa maupun pendidik dalam penerapannya. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan metode yang berbeda dengan fokus sampel pada bidang medis dengan perspektif manajemen dalam menyelidiki teknologi metaverse dan pendekatan analisis yang tepat. Kolaborasi antara akademisi, praktisi, dan pengembang teknologi juga sangat dianjurkan untuk menciptakan solusi inovatif dan efektif.

5. Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahuja, A. S., Polascik, B. W., Doddapaneni, D., Byrnes, E. S., & Sridhar, J. (2023). The Digital Metaverse: Applications in Artificial Intelligence, Medical Education, and Integrative Health [Note]. *Integrative Medicine Research*, 12(1), Article 100917. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2022.100917>
- Alhamad, A. Q., Alomari, K. M., Alshurideh, M., Al Kurdi, B., Salloum, S., & Al-Hamad, A. Q. (2022). *The Adoption of Metaverse Systems: A hybrid SEM - ML Method* [Conference paper]. International Conference on Electrical, Computer, Communications and Mechatronics Engineering, ICECCME 2022, <https://doi.org/10.1109/ICECCME55909.2022.9988215>
- Almarzouqi, A., Aburayya, A., & Salloum, S. A. . (2022). Prediction of user's intention to use metaverse system in medical education: A hybrid SEM-ML learning approach. *IEEE Access*, 10, 43421-43434. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/access.2022.3169285>

- Babaei, M., Galadari, H., Gold, M. H., & Goldust, M. (2023). Cosmetic dermatology services in metaverse [Letter]. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 22(4), 1414-1415. <https://doi.org/10.1111/jocd.15670>
- Bansal, G., Rajgopal, K., Chamola, V., Xiong, Z., & Niyato, D. (2022). Healthcare in Metaverse: A Survey on Current Metaverse Applications in Healthcare [Article]. *IEEE Access*, 10, 119914-119946. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3219845>
- Barry, D. M., Ogawa, N., Dharmawansa, A., Kanematsu, H., Fukumura, Y., Shirai, T., Yajima, K., & Kobayashi, T. (2015). *Evaluation for students' learning manner using eye blinking system in Metaverse* [Conference paper]. *Procedia Computer Science*, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.181>
- Beck, D., Morgado, L., & O'Shea, P. (2024). Educational Practices and Strategies with Immersive Learning Environments: Mapping of Reviews for Using the Metaverse [Article]. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 17, 319-341. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3243946>
- Bercich, J., Chung, V., & Chen, X. (2023). Deep Learning Attention-Ranked Media Space Generation for Virtual Reality Equirectangular Scene Augmentation. 2023 IEEE Region 10 Symposium, TENSYP 2023,
- Bernardini, S., Porayska-Pomsta, K., & Smith, T. J. (2014). ECHOES: An intelligent serious game for fostering social communication in children with autism. *Information Sciences. Elsevier BV*, 264, 41-60. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2013.10.027>
- Chung, C. J., Lai, C. L., & Hwang, G. J. (2019). Roles and research trends of flipped classrooms in nursing education: a review of academic publications from 2010 to 2017. *Interactive Learning Environments*, 29(6), 883-904. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1619589>
- Díaz, J. E. M., Saldaña, C. A. D., & Ávila, C. A. R. (2020). Virtual world as a resource for hybrid education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(15), 94-109. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i15.13025>
- Djeki, E., Dégila, J., Bondiombouy, C., & Alhassan, M. H. (2022). E-learning bibliometric analysis from 2015 to 2020. *Journal of Computers in Education*, 9(4), 727-754. <https://doi.org/10.1007/s40692-021-00218-4>
- Dyulicheva, Y. Y., & Glazieva, A. O. (2021). Game based learning with artificial intelligence and immersive technologies: an overview. *CS&SE@SW*,
- Ferilli, S., Redavid, D., Di Pierro, D., & Loop, L. (2022). Functionality and architecture for a platform for independent learners: KEPLAIR. *Intelligent Systems Design and Applications*, 795-805. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96308-8_74
- Foster, A., & Shah, M. (2021). Framing and studying learning and identity in virtual learning environments. *The Journal of Experimental Education*, 89(3), 445-449. <https://doi.org/10.1080/00220973.2021.1873092>
- Gamage, S. H. P. W., Ayres, J. R., & Behrend, M. B. (2022). A systematic review on trends in using moodle for teaching and learning. *International Journal of STEM Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00323-x>
- Gouveia, P. F., Luna, R., Fontes, F., Pinto, D., Mavioso, C., Anacleto, J., Timóteo, R., Santinha, J., Marques, T., Cardoso, F., & Cardoso, M. J. (2023). Augmented Reality in Breast Surgery Education. *Breast Care*, 18(3), 182-186. <https://doi.org/10.1159/000529587>
- Guo, H., & Gao, W. (2022). Metaverse-powered experiential situational english-teaching design: An emotion-based analysis method. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.859159>

- Guo, Z., Wang, Z., & Jin, X. . (2021). “Avatar to Person” (ATP) Virtual Human Social Ability Enhanced System for Disabled People *M. Yan (Ed.), Wireless Communications and Mobile Computing 2021*, 1-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2021/5098992>
- Heift, T., & Schulze, M. . (2007). Errors and intelligence in computer-assisted language learning. *Routledge*. <https://doi.org/https://doi.org/10.4324/9780203012215>
- Hsu, Y. C., Ho, H. N. J., Tsai, C. C., Hwang, G. J., Chu, H. C., Wang, C. Y., & Chen, N. S. (2012). Research trends in technology-based learning from 2000 to 2009: A content analysis of publications in selected journals. *Educational Technology & Society*, *15*, 354–370. <https://doi.org/https://eric.ed.gov/?id=EJ988474>
- Huang, H., Hwang, G. J., & Chang, S. C. . (2021). Facilitating decision making in authentic contexts: An SVVR-based experiential flipped learning approach for professional training. *Interactive Learning Environments*, 1-17. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10494820.2021.2000435>
- Hwang, G. J., & Chien, S. Y. (2022). Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *3*, 100082. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100082>
- Hwang, G. J., & Tu, Y. F. (2021). Roles and research trends of artificial intelligence in mathematics education: A bibliometric mapping analysis and systematic review. *Mathematics*, *9*(6), 584. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/math9060584>
- Hwang, G. J., Chang, P. Y., Tseng, W. Y., Chou, C. A., Wu, C. H., & Tu, Y. F. (2022b). Research trends in artificial intelligence-associated nursing activities based on a review of academic studies published from 2001 to 2020. *CIN: Computers, Informatics, Nursing*, *40*(12), 814–824. <https://doi.org/https://doi.org/10.1097/cin.0000000000000897>
- Hwang, G. J., Tu, Y. F., & Tang, K. Y. . (2022). AI in online-learning research: Visualizing and interpreting the journal publications from 1997 to 2019. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, *23*(1), 104–130. <https://doi.org/https://doi.org/10.19173/irrodl.v23i1.6319>
- Hwang, G. J., Xie, H., Wah, B. W., & Gašević, D. (2020). Vision, challenges, roles and research issues of artificial intelligence in education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, *1*, 100001. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.caeai.2020.100001>
- Jeong, H., Yi, Y., & Kim, D. (2022). An innovative e-commerce platform incorporating metaverse to live commerce. *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, *18*(1), 221–229. <https://doi.org/https://10.24507/ijcic.18.01.221>
- Ledwos, N., Mirchi, N., Yilmaz, R., Winkler-Schwartz, A., Sawni, A., Fazlollahi, A. M., Bissonnette, V., Bajunaid, K., Sabbagh, A. J., & Del Maestro, R. F. . (2022). Assessment of learning curves on a simulated neurosurgical task using metrics selected by artificial intelligence. *Journal of Neurosurgery*, *137*(4), 1160–1171. <https://doi.org/https://doi.org/10.3171/2021.12.jns211563>
- Lee, H. M., Ham, S. M., Moon, H., Kwon, H. M., Rho, J. H., & Seo, J. (2023a). A Metaverse Emotion Mapping System with an AIoT Facial Expression Recognition Device. *Proceedings - 2023 IEEE International Conference on Metaverse Computing, Networking and Applications, MetaCom 2023*, , <https://doi.org/10.1109/MetaCom57706.2023.00132>
- Lee, J., & Kim, Y. (2023). Sustainable Educational Metaverse Content and System Based on Deep Learning for Enhancing Learner Immersion. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(16). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/su151612663>

- Lee, J. Y. (2021). A Study on metaverse hype for sustainable growth. *International Journal of Advanced Smart Convergence*, 10(3), 72-80. <https://doi.org/https://doi.org/10.7236/IJASC.2021.10.3.72>
- Li, H., Cui, C., & Jiang, S. (2022). Strategy for improving the football teaching quality by AI and metaverse-empowered in mobile internet environment. *Wireless Networks*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11276-022-03000-1>
- Liang, J. C., Hwang, G. J., Chen, M. R. A., & Darmawansah, D. (2021). Roles and research foci of artificial intelligence in language education: an integrated bibliographic analysis and systematic review approach. *Interactive Learning Environments*, 1-27. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1958348>
- Lin, H. (2022). Application of web 2.0 technology to cooperative learning environment system design of football teaching. *N. Venkateswaran (Ed.), Wireless Communications and Mobile Computing*, 1-9. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2022/5132618>
- Liu, C., Hwang, G.-J., Tu, Y., Yin, Y., & Wang, Y. (2021). Research advancement and foci of mobile technology-supported music education: a systematic review and social network analysis on 2008-2019 academic publications. *In Interactive Learning Environments* 31(7), 4535–4554. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1974890>
- López-Robles, J. R., Otegi-Olaso, J. R., Porto Gómez, I., & Cobo, M. J. (2019). 30 years of intelligence models in management and business: A bibliometric review. *International Journal of Information Management*, 48, 22–38. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.013>
- Malle, N., & Ebeid, E. (2022). *Open-source educational platform for fpga accelerated ai in robotics* 8th International Conference on Mechatronics and Robotics Engineering (ICMRE),
- Meta. (2022). Meta connect 2022: Meta quest pro, more social vr and a look into the future. <https://doi.org/> <https://about.fb.com/news/2022/10/meta-quest-pro-social-vr-connect-2022/>
- Mitra, S. (2023). Metaverse: A Potential Virtual-Physical Ecosystem for Innovative Blended Education and Training. *Journal of Metaverse*, 3(1), 66-72. <https://doi.org/https://doi.org/10.57019/jmv.1168056>
- Mohseni, S., Zarei, N., & Ragan, E. D. (2021). A multidisciplinary survey and framework for design and evaluation of explainable AI systems. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems*, 11(3-4), 1-45. <https://doi.org/https://doi.org/10.1145/3387166>
- Mueen, A., Zafar, B., & Manzoor, U. . (2016). Modeling and predicting students' academic performance using data mining techniques. *International Journal of Modern Education and Computer Science*, 8(11), 36–42. <https://doi.org/https://doi.org/10.5815/ijmecs.2016.11.05>
- Noor-Hanita, Z., Khatijah, L. A., Kamaruzzaman, S., Karuthan, C., & Raja Mokhtar, R. A. . (2022). A pilot study on development and feasibility of the 'MyEducation: CABG application' for patients undergoing coronary artery bypass graft (CABG) surgery. *BMC Nursing*, 21(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12912-022-00814-4>
- Novellino, A., Bonofiglio, L., Cimmino, V., & Napoletani, L. (2022). *STEP - smart education platform* 13th International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics, <https://doi.org/10.54808/IMCIC2022.01.147>
- Precup, R. E., Preitl, S., Petriu, E., Bojan-Dragos, C. A., Szedlak-Stinean, A.-I., Roman, R. C., & Hedrea, E. L. (2020). Model-based fuzzy control results for networked control systems. *Reports in Mechanical Engineering*, 1(1), 10–25. <https://doi.org/https://doi.org/10.31181/rme200101010p>
- Salman, H., Almohsen, E., Henari, T., Shatnawi, S., Buzaboon, A., Fardan, M., & Albinali, K. (2023). *Using Machine Learning and SEM to Analyze Attitudes towards adopting*

- Metaverse in Higher Education* 2023 International Conference on Smart Applications, Communications and Networking, SmartNets, <https://doi.org/10.1109/SmartNets58706.2023.10215936>
- Shukla, A. K., Janmajaya, M., Abraham, A., & Muhuri, P. K. (2019). Engineering applications of artificial intelligence: A bibliometric analysis of 30 years (1988–2018). *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 85, 517–532. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.06.010>
- Smart, J., Cascio, J., & Paffendorf, J. (2007). Metaverse road map: Pathways to the 3d web. metaverse: A crossindustry public foresight project. <https://doi.org/https://www.metaverseroadmap.org/MetaverseRoadmapOverview.pdf>
- Tlili, A., Huang, R., Shehata, B., Liu, D., Zhao, J., Metwally, A. H. S., Wang, H., Denden, M., Bozkurt, A., Lee, L.-H., Beyoglu, D., Altinay, F., Sharma, R. C., Altinay, Z., Li, Z., Liu, J., Ahmad, F., Hu, Y., Salha, S., Abed, M., & Burgos, D. (2022). Is Metaverse in education a blessing or a curse: A combined content and bibliometric analysis. *Smart Learning Environments*, 9(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40561-022-00205-x>
- Tu, Y. F., & Hwang, G. J. (2020). Transformation of educational roles of library-supported mobile learning: A literature review from 2009 to 2018. *Electron Libr*, 38, 695–710. <https://doi.org/https://doi.org/10.1108/EL-10-2019-0230>
- Wu, S. H., Lai, C. L., Hwang, G. J., & Tsai, C. C. (2021). Research trends in technology-enhanced chemistry learning: A review of comparative research from 2010 to 2019. *Journal of Science Education and Technology*, 30(4), 496–510. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10956-020-09894-w>
- Zhai, X., Yin, Y., Pellegrino, J. W., Haudek, K. C., & Shi, L. (2020). Applying machine learning in science assessment: A systematic review. *Studies in Science Education*, 56(1), 111–151. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/03057267.2020.1735757>
- Zhang, S., Dinan, E., Urbanek, J., Szlam, A., Kiela, D., & Weston, J. (2018). *Personalizing dialogue agents: I have a dog, do you have pets too?* Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, <https://doi.org/10.18653/v1/p18-1205>
- Zhao, J., Lu, Y., Zhou, F., Mao, R., & Fei, F. (2022). Systematic bibliometric analysis of research hotspots and trends on the application of virtual reality in nursing. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.906715>