

Kerangka Konseptual Kecerdasan Buatan Dan Metasemesta Dalam Pendidikan Masa Hadapan

Mohd Fadzli Ishak ^{1*} dan Mohd Jasmy Abd Rahman ²

^{1,2} Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia, Selangor, Malaysia

ABSTRAK

Perkembangan pesat Revolusi Industri 4.0 (IR 4.0) dan Web3 memangkinkan transformasi digital dalam sektor pendidikan menerusi penumpuan teknologi Kecerdasan Buatan (AI) dan metasemesta. Walau bagaimanapun, sebahagian besar inisiatif sedia ada masih bersifat berasingan dan pasif tanpa keupayaan pembelajaran yang boleh disuaikan. Inisiatif ini juga berhadapan dengan kekangan kebolehooperasian rentas platform, gejala mabuk siber, jurang kesediaan pendidik, serta kebimbangan etika berkaitan dengan privasi data biometrik. Sehubungan dengan itu, kajian ini dijalankan dengan objektif untuk membina model konseptual bersepadu Edu-AIMeta yang menghubungkan dimensi teknologi dengan teori pembelajaran, menganalisis cabaran pelaksanaan secara kritis, dan mengemukakan strategi tadbir urus siber yang lestari. Bagi mencapai matlamat tersebut, kajian ini menerapkan reka bentuk sorotan kepustakaan konseptual bersepadu dengan menganalisis dan mensintesis secara kritis perspektif teoretikal daripada 22 artikel yang diterbitkan antara tahun 2022 hingga 2026 menerusi pangkalan data Scopus dan Web of Science (WoS). Hasil dapatan kajian merumuskan tiga dimensi utama keberhasilan integrasi, iaitu enjin kognitif AI, persekitaran metasemesta spatial, serta penerimaan dan kompetensi pengguna, khususnya dalam kalangan pelajar Generasi Z dan pendidik. Sebagai langkah ke hadapan, kajian ini mencadangkan pembangunan kerangka tadbir urus meta yang inklusif menerusi penerapan standard kod terbuka, penggubalan garis panduan etika perlindungan data biometrik, serta penyediaan program latihan pedagogi imersif secara berstruktur bagi menjamin kelestarian ekosistem pendidikan masa hadapan yang selamat dan saksama.

SEJARAH ARTIKEL

Peroleh 19 Jun 2026
Semakan 20 Julai 2026
Terima 22 Julai 2026
Online First 22 Julai 2026

KATA KUNCI

Kecerdasan Buatan (AI);
Metasemesta;
Pembelajaran Imersif;
Ekosistem Pendidikan
Masa Hadapan; Model
Edu-AIMeta

A Conceptual Framework Of Artificial Intelligence And The Metaverse In Future Education

ABSTRACT

The rapid development of the Fourth Industrial Revolution (IR 4.0) and Web3 has catalyzed digital transformation in the education sector through the convergence of Artificial Intelligence (AI) and the metaverse. However, most existing initiatives remain isolated and passive, lacking adaptive learning capabilities. These initiatives also face cross-platform interoperability constraints, cybersickness, gaps in educator readiness, and ethical concerns regarding biometric data privacy. In view of this, this study was conducted with the objective of constructing an integrated conceptual framework, Edu-AIMeta, that links technological dimensions with learning theories, critically analyzing implementation challenges, and proposing sustainable cyber-governance strategies. To achieve these goals, this study employs a conceptual-integrated literature review design by critically analyzing and synthesizing theoretical perspectives from 22 articles published between 2022 and 2026 across the Scopus and Web of Science (WoS) databases. The research findings outline three primary dimensions of integration success: the AI cognitive engine, the spatial metaverse environment, and user adoption and competence, particularly among Generation Z students and educators. Moving forward, this paper recommends the development of an inclusive meta-governance framework through the implementation of open-source standards, the formulation of ethical guidelines for biometric data protection, and the provision of structured immersive pedagogical training programs to ensure an equitable, secure, and sustainable future educational ecosystem.

ARTICLE HISTORY

Received 19 June 2026
Revised 20 July 2026
Accepted 22 July 2026
Online First 22 July 2026

KEYWORDS

Artificial Intelligence (AI);
Metaverse; Immersive
Learning; Future
Education Ecosystem; Edu-
AIMeta Model

1. Pengenalan

1.1. Latar Belakang Kajian

Sektor pendidikan global sedang melalui fasa transformasi digital yang sangat dinamik seiring dengan kemunculan Revolusi Industri 4.0 (IR 4.0) dan teknologi Web3. Penggabungan dua teknologi utama iaitu Kecerdasan Buatan (AI) dan metasejarah (*metaverse*) kini dilihat bukan lagi sekadar sebagai alat sokongan pengajaran dan pembelajaran, tetapi sebagai asas kepada pembentukan semula seluruh ekosistem pendidikan masa hadapan (Almaman et al., 2025; Flores-Castañeda et al., 2024). Metasejarah secara konseptual merujuk kepada ruang maya tiga dimensi yang berterusan, dikongsi, dan imersif di mana pengguna berinteraksi secara realistik melalui avatar masing-masing (Mystakidis, 2022), manakala AI pula bertindak sebagai enjin pintar yang memproses data raya, memberikan maklum balas masa nyata, dan memperibadikan pengalaman pembelajaran tersebut (Alzubaidi et al., 2024; Pari-Bedoya, 2023).

Evolusi daripada realiti lanjutan (*extended reality*) kepada ekosistem metasejarah pendidikan membolehkan aktiviti PdP dijalankan dalam persekitaran yang lebih mampan dan interaktif (Ortega-Rodríguez, 2022). Gabungan simbiotik antara AI dan metasejarah membolehkan persekitaran maya bertindak balas secara dinamik terhadap keperluan emosi, kognitif, dan gaya pembelajaran pelajar yang unik (Svoboda & Knihová, 2025). Berbanding dengan kaedah

pembelajaran secara dalam talian sebelum ini yang bersifat pasif serta terhad kepada skrin dua dimensi, integrasi pintar ini menawarkan kaedah pembelajaran berasaskan pengalaman (*experiential learning*) yang berupaya melangkaui batasan fizikal, geografi, dan keupayaan deria manusia (Sripan & Jeerapattanatorn, 2025; Wong et al., 2024).

1.2. Pernyataan Masalah

Walaupun komuniti akademik sangat teruja dengan potensi teknologi metasemesta dalam pendidikan, sebahagian besar inisiatif sedia ada masih bersifat serpihan dan beroperasi secara berasingan tanpa penyepaduan pintar (Tlili et al., 2022). Kebanyakan sistem metasemesta dalam institusi pendidikan tinggi mahupun sekolah sekadar berfungsi sebagai ruang visual tiga dimensi yang pasif tanpa keupayaan pembelajaran yang boleh disesuaikan (Cukurova, 2025). Akibat daripada ketiadaan fungsi ini, pelajar didapati cepat berasa bosan, dan interaksi yang berlaku tidak menyumbang kepada hasil pembelajaran yang mendalam serta bermakna (Liang et al., 2023). Di samping itu, kajian penerimaan awam menunjukkan emosi dan sentimen pengguna terhadap keberkesanan teknologi imersif ini masih bercampur-baur antara keterujaan dan keraguan (Mahmoud, 2024).

Kajian-kajian terdahulu menunjukkan bahawa pelaksanaan teknologi metasemesta ini berhadapan dengan kekangan praktikal. Kekangan tersebut merangkumi kos perkakasan seperti peranti paparan lekap kepala (*head-mounted display*) yang sangat tinggi, isu jurang kebolehooperasian rentas platform sedia ada yang membataskan perkongsian sumber, serta jurang kesediaan digital dalam kalangan pendidik terutamanya guru-guru sekolah rendah yang belum bersedia mengendalikan kelas dalam persekitaran metasemesta (Rachmadtullah et al., 2023). Dari sudut perkembangan akademik pelajar, penggunaan AI yang tidak dikawal selia dengan baik boleh memberi implikasi buruk terhadap perkembangan kemahiran berfikir secara kritikal dan keaslian karya (Vieriu & Petrea, 2025). Tambahan pula, dari sudut etika, pengumpulan data biometrik secara besar-besaran dalam persekitaran metasemesta yang dijana AI menimbulkan kebimbangan kritikal berkaitan hak privasi dan keselamatan siber pelajar (Krishnan & Chowdhury, 2024). Oleh yang demikian, terdapat keperluan untuk membina satu kertas konsep komprehensif yang melakukan analisis bersepadu ke atas literatur semasa bagi merumuskan kerangka konseptual yang menghubungkan pemboleh ubah teoretikal, pedagogi, dan teknikal bagi menerangkan bagaimana AI dan metasemesta boleh disepadukan secara berkesan dalam membentuk ekosistem pendidikan masa hadapan.

1.3. Persoalan Kajian

Kajian konsep ini dipandu oleh tiga persoalan kajian utama:

- Bagaimanakah penyepaduan teori pembelajaran dengan teknologi AI dan metasemesta dapat membentuk suatu kerangka konseptual ekosistem pendidikan baharu yang diperibadikan dan imersif?
- Apakah cabaran kritikal yang dihadapi oleh pendidik dan institusi pendidikan dalam melaksanakan integrasi AI dan metasemesta secara holistik dalam konteks pendidikan?
- Apakah cadangan model tadbir urus serta kerangka dasar siber yang diperlukan bagi menjamin kelestarian dan keselamatan ekosistem pendidikan masa hadapan?

1.4. Objektif Kajian

Selari dengan persoalan kajian yang telah dikemukakan, kajian konsep ini menetapkan tiga objektif utama untuk dicapai:

- Membina suatu model konseptual bersepadu, iaitu Edu-AIMeta, yang mengintegrasikan dimensi teknologi AI dan metasemesta dengan teori-teori pembelajaran utama.
- Menganalisis secara kritis cabaran pelaksanaan integrasi AI dan metasemesta daripada aspek teknikal, pedagogi, etika dan fizikal.
- Mencadangkan kerangka tindakan dasar dan model tadbir urus persekitaran maya yang komprehensif bagi menyokong pembangunan ekosistem pendidikan masa hadapan yang lestari.

2. Tinjauan Literatur

2.1. Evolusi Realiti Lanjutan (XR) ke Arah Metasemesta Pendidikan

Perkembangan teknologi imersif dalam pendidikan telah melalui beberapa fasa transisi yang signifikan, bermula daripada penggunaan teknologi Realiti Maya (VR) dan Realiti Terimbuh (AR) yang beroperasi secara berdiri sendiri sehinggalah kepada kemunculan metasemesta sebagai sebuah rangkaian dunia virtual tiga dimensi yang bersepadu (Ortega-Rodríguez, 2022). Menurut Kye et al. (2021) dan Owusu-Antwi serta Amenuvor (2023), metasemesta menyediakan persekitaran siber fizikal yang membenarkan interaksi sosial secara segerak merentasi platform yang dikongsi bersama. Berbeza dengan aplikasi simulasi komputer tradisional yang mengehendak penglibatan pelajar sebagai pemerhati pasif, keupayaan tindakan (*affordance*) utama metasemesta membenarkan pelajar mengawal avatar digital mereka untuk membina pemahaman konseptual secara aktif dalam persekitaran yang dilengkapi dengan visualisasi spatial dan interaksi sosial (Mystakidis, 2022). Landasan evolusi ini menjadi sangat relevan dalam fasa pasca-pandemik di mana institusi pengajian tinggi mula menuntut kaedah pembelajaran jarak jauh yang lebih dinamik dan realistik bagi mengurangkan rasa terpencil dalam kalangan pelajar secara maya.

2.2. Peranan Kecerdasan Buatan (AI) sebagai Enjin Pintar Metasemesta

Dalam konteks pembentukan ekosistem metasemesta yang dinamik, AI bertindak sebagai komponen pemprosesan kognitif yang membolehkan dunia maya beroperasi secara pintar dan intuitif (Alzubaidi et al., 2024). Penyelidikan oleh Elsokkary et al. (2026) menunjukkan bahawa integrasi algoritma Pembelajaran Pengukuhan (*Reinforcement Learning*) membolehkan persekitaran siber menyesuaikan tindak balas sistem serta tingkah laku watak bukan pemain (NPC) secara masa nyata mengikut data kognitif dan prestasi semasa pelajar. Di samping itu, keupayaan AI Generatif telah memudahkan pendidik dan pelajar dalam mencipta aset pembelajaran tiga dimensi yang kompleks dengan hanya menggunakan prompt, sekali gus mengurangkan kebergantungan kepada kemahiran teknikal pengaturcaraan yang sukar (Abdelmagid et al., 2025). Sinergi antara penganalisan data raya oleh AI dengan visualisasi metasemesta juga melahirkan konsep Kecerdasan Hibrid (*Hybrid Intelligence*) yang berupaya menyokong proses pengajaran berasaskan bukti (*evidence-based teaching*) melalui visualisasi tingkah laku kolaboratif pelajar secara langsung (Cukurova, 2025).

2.3. Pedagogi Imersif dan Teori Pembelajaran Abad Ke-21

Pelaksanaan teknologi metasemesta dalam PdP memerlukan sandaran teoretikal agar tidak sekadar berfungsi sebagai alat hiburan visual yang tidak mempunyai nilai akademik (Tlili et al., 2022). Berdasarkan model teoretikal Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL) yang diasaskan oleh Makransky dan Petersen (2021), rasa kehadiran sosial dan keupayaan bertindak secara autonomi dalam ruang maya mempunyai korelasi dengan tahap penglibatan emosi dan motivasi dalaman pelajar. Konsep ini sepadan dengan Teori Pembelajaran Berasaskan Pengalaman (*Experiential Learning Theory - ELT*), di mana proses pemerolehan pengetahuan didayakan melalui transformasi pengalaman secara konkrit kepada refleksi dan konseptualisasi (Kolb, 1984). Sifat pembelajaran berasaskan pengalaman dalam metasemesta ini terbukti sesuai diaplikasikan untuk disiplin sains gunaan dan kejuruteraan, di mana pelajar boleh menjalankan simulasi makmal kejuruteraan yang berisiko tinggi tanpa bimbang terhadap aspek keselamatan fizikal atau pembaziran kos bahan (Mishra et al., 2025). Hal ini juga terbukti berkesan dalam merapatkan jurang pembelajaran untuk kumpulan berkeperluan seperti pelajar pekak dan bermasalah pendengaran (DHH) menerusi platform interaktif GeoMETriA (Chong et al., 2026).

2.4. Penerimaan, Halangan, dan Kesediaan Pengguna

Meskipun metasemesta menawarkan pelbagai kelebihan pedagogi, tahap kesediaan dan corak penerimaan dalam kalangan pelajar dan pendidik masih terdapat jurang yang ketara. Kajian penerimaan dalam kalangan pelajar universiti Generasi Z di Malaysia dan Arab Saudi menggunakan kerangka UTAUT menunjukkan bahawa faktor pengaruh sosial dan jangkaan prestasi sangat mempengaruhi keinginan mereka untuk memanfaatkan platform sedia ada ini dalam proses pembelajaran (Alotaibi, 2026; Sun et al., 2025). Walau bagaimanapun, sentimen awam secara global masih menunjukkan kebimbangan yang konsisten mengenai isu keselamatan siber, potensi ketagihan siber,

serta ancaman terhadap pengasingan sosial daripada dunia realiti (Mahmoud, 2024). Di peringkat sekolah rendah, kesediaan guru untuk menyepadukan teknologi ini juga terbatas disebabkan oleh kekurangan kemudahan perkakasan di sekolah, ketiadaan latihan reka bentuk pengajaran yang relevan, serta kerisauan terhadap pengurusan disiplin murid semasa berada dalam persekitaran metaseemesta (Rachmadtullah et al., 2023).

3. Metodologi

Kajian ini menggunakan reka bentuk sorotan kepustakaan bersepadu konseptual (*conceptual-integrated literature review*). Reka bentuk ini memfokuskan kepada analisis, kritikan, dan sintesis teori serta konsep daripada literatur sedia ada bagi membina model atau perspektif baharu, dan bukannya sekadar melaporkan data saringan secara mekanikal atau saringan sistematik (Torraco, 2016).

3.1. Reka Bentuk Analisis Konseptual

Reka bentuk kajian ini berasaskan kaedah sintesis konseptual yang merangkumi empat fasa utama yang saling berkait rapat (MacInnis, 2011). Fasa pertama bermula dengan mengkonsepkan atau membayangkan (*envisioning*) yang bertujuan untuk mengenal pasti jurang integrasi antara komponen AI sebagai proses kognitif dan metaseemesta sebagai ruang spatial dalam landskap pendidikan semasa. Fasa kedua pula melibatkan aktiviti menghubungkan (*relating*), di mana teori-teori pembelajaran tradisional diselaraskan dengan keupayaan unik yang ditawarkan oleh teknologi masa hadapan. Seterusnya, fasa ketiga iaitu membahaskan (*debating*) memperlihatkan analisis kritis terhadap percanggahan atau cabaran teknikal serta etika yang dikemukakan dalam pelbagai literatur semasa. Akhir sekali, fasa keempat iaitu menyepadukan (*integrating*) membolehkan pembinaan model konseptual baharu yang dinamakan Edu-AIMeta sebagai panduan komprehensif untuk pelaksanaan ekosistem pendidikan yang lebih menyeluruh.

3.2. Pemilihan Sumber Rujukan

Bagi pemilihan sumber rujukan, kertas konsep ini secara khusus memfokuskan carian literatur yang diterbitkan antara tahun 2022 hingga 2026 menerusi dua pangkalan data iaitu Scopus dan Web of Science (WoS). Proses pemilihan dan penyaringan bahan sastera ini berpandukan penetapan kriteria penerimaan (*inclusion criteria*) dan kriteria pengecualian (*exclusion criteria*) bagi menjamin kualiti serta kesesuaian artikel yang disintesis. Kriteria penerimaan yang ditetapkan memerlukan artikel rujukan utama diperoleh daripada dua pangkalan data yang dinyatakan, ditulis sepenuhnya dalam bahasa Inggeris, serta secara khusus menjawab persoalan kajian yang telah ditetapkan. Sebaliknya, kriteria pengecualian diaplikasikan ke atas tesis, kertas persidangan tidak berwasit yang tidak diindeks, atau penulisan yang diterbitkan dalam bahasa selain bahasa Inggeris. Selain itu, kajian-kajian metaseemesta sedia ada yang menumpukan kepada sektor komersial tulen seperti fesyen, hartanah, mahupun ketenteraan tanpa sebarang implikasi atau hubungan langsung dengan teori pengajaran dan pembelajaran turut dikecualikan daripada tinjauan ini.

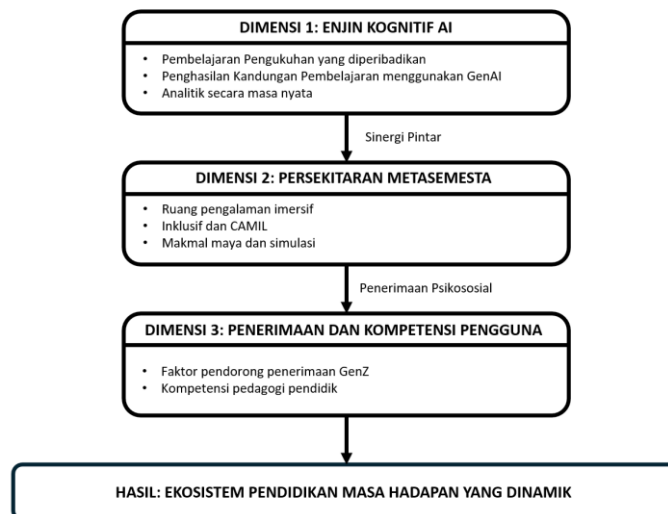
3.3. Kerangka Teoretikal yang Mendasari Kajian

Analisis konseptual dalam kertas ini disandarkan kepada beberapa teori pembelajaran utama yang disintesis secara holistik bagi menyokong perbincangan. Teori pertama yang digunakan ialah Teori Pembelajaran Konstruktivisme Sosial oleh Vygotsky (1978) yang menekankan kepentingan interaksi sosial dan kolaborasi dalam pembinaan pengetahuan, di mana interaksi spatial melalui avatar dalam metaseemesta bertindak sebagai zon perkembangan proksimal digital yang dipertingkatkan (Mishra et al., 2025). Teori kedua disandarkan kepada model teoretikal CAMIL yang diasaskan oleh Makransky dan Petersen (2021) yang menjelaskan bagaimana elemen kehadiran sosial dan penglibatan aktif dalam persekitaran imersif memberikan kesan langsung terhadap beban kognitif serta motivasi pelajar (Chong et al., 2026). Teori ketiga mendasari Teori Pembelajaran Berasaskan Pengalaman (Kolb, 1984) yang menerangkan kitaran pembelajaran melalui empat fasa dinamik iaitu pengalaman konkrit (*concrete experience*), pemerhatian reflektif (*reflective observation*), pengkonseptualan abstrak (*abstract conceptualization*), dan eksperimen aktif (*active experimentation*). Teori keempat yang menyokong analisis ini ialah

Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) yang diaplikasikan untuk menganalisis faktor-faktor psikologi yang mempengaruhi penerimaan mahupun penolakan teknologi metasemesta dalam kalangan pelajar dan pendidik (Alotaibi, 2026; Venkatesh et al., 2003).

4. Dapatan Kajian

Hasil analisis konseptual ke atas literatur terpilih membolehkan penyelidik merumuskan tiga dimensi utama integrasi AI-metasemesta yang saling berkait rapat. Penyepaduan ketiga-tiga dimensi ini menghasilkan satu kerangka konseptual baharu yang dinamakan Model Edu-AIMeta (*Education AI-Metaverse Conceptual Model*) seperti Rajah 1. Model konseptual ini menekankan bahawa ekosistem pendidikan masa hadapan yang dinamik tidak boleh dicapai secara berasingan, sebaliknya memerlukan penyepaduan antara dimensi Enjin Kognitif AI, dimensi Persekitaran Spatial Metasemesta, serta dimensi Penerimaan dan Kompetensi Pengguna. Sinergi pintar antara enjin kognitif AI dan persekitaran metasemesta menyediakan landasan pengajaran yang boleh disesuaikan, manakala penerimaan psikososial daripada pengguna memastikan kelestarian pelaksanaan ekosistem tersebut dalam jangka masa panjang.



Rajah 1. Model Konseptual Edu-AIMeta bagi Ekosistem Pendidikan Masa Hadapan

4.1. Dimensi 1: Enjin Kognitif AI

AI bertindak sebagai pemacu kognitif utama yang memastikan metasemesta pendidikan bersifat boleh disesuaikan dan diperibadikan untuk setiap pelajar (Alzubaidi et al., 2024; Svoboda & Knihová, 2025). Dalam dimensi ini, simbiosis pembelajaran pengukuhan memainkan peranan yang sangat penting melalui keupayaan persekitaran maya dengan menyelaraskan senario pengajaran secara autonomi mengikut perkembangan kognitif pelajar, di mana tutor maya menyesuaikan kadar sokongan (*scaffolding*) secara dinamik (Elsokkary et al., 2026). Di samping itu, keupayaan penjanaan kandungan GenAI memudahkan proses reka bentuk objek tiga dimensi dalam metasemesta menerusi arahan prompt, membolehkan pendidik dan pelajar membina simulasi yang kompleks dengan pantas tanpa kemahiran pengaturcaraan yang mendalam, sekali gus merangsang inovasi dan keusahawanan digital hijau dalam pendidikan tinggi (Abdelmagid et al., 2025). Seterusnya, integrasi analitik pembelajaran bersepadu membolehkan penilaian formatif masa nyata dilakukan terhadap interaksi kolaboratif pelajar di dalam ruang maya, sekali gus membolehkan pembentukan model kecerdasan hibrid yang menggabungkan kecerdasan mesin dan manusia untuk mengoptimumkan keputusan PdP (Cukurova, 2025).

4.2. Dimensi 2: Persekitaran Metasemesta

Metasemesta menyediakan persekitaran maya imersif yang membolehkan teori konstruktivisme sosial dan pembelajaran berasaskan pengalaman dipraktikkan dengan berkesan (Ortega-Rodríguez, 2022; Wong et al., 2024). Dalam dimensi ini, pembelajaran imersif dan kontekstual diwujudkan melalui penstrukturan bilik kuliah kepada ruang makmal maya yang membolehkan pelajar memanipulasi litar elektrik tiga dimensi serta menjalankan eksperimen kejuruteraan secara kolaboratif tanpa kekangan had fizikal, risiko kemalangan, mahupun pembaziran bahan mentah (Mishra et al., 2025). Selain itu, dimensi ini turut menyokong pendidikan inklusif bagi golongan pelajar berkeperluan khas seperti pekak dan bermasalah pendengaran menerusi reka bentuk platform berasaskan model CAMIL yang mengurangkan beban kognitif mereka melalui visualisasi spatial geometri, penggunaan isyarat avatar, serta penunjuk arah visual yang diselaraskan (Chong et al., 2026). Akhir sekali, metasemesta berfungsi sebagai inkubator keusahawanan maya yang membolehkan simulasi interaksi pasaran dijalankan secara realistik bagi memacu keupayaan penjaan idea perniagaan dalam kalangan pelajar melalui penguasaan teknologi AR/VR dan AI (Prabowo et al., 2025).

4.3. Dimensi 3: Penerimaan dan Kompetensi Pengguna

Kelestarian ekosistem pendidikan masa hadapan ini turut dipengaruhi oleh faktor manusia yang diterangkan menerusi gabungan pemboleh ubah psikologi dan keadaan persekitaran pengguna. Dari sudut penerimaan pelajar GenZ, analisis menggunakan teori UTAUT mendapati bahawa jangkaan prestasi, pengaruh rakan sebaya, serta keadaan fasilitasi merupakan pamacu utama hasrat mereka untuk menggunakan metasemesta dalam pembelajaran harian (Alotaibi, 2026). Niat untuk terus menggunakan teknologi imersif ini juga didorong kuat oleh aspek keseronokan dan keserasian pedagogi alam maya yang dirasakan oleh pelajar semasa proses pembelajaran (Sun et al., 2025). Walau bagaimanapun, keadaan ini berbeza di peringkat sekolah rendah di mana cabaran utama terletak pada kesediaan guru. Dapatan literatur mendedahkan bahawa walaupun golongan pendidik mengakui potensi metasemesta sebagai media pembelajaran interaktif, mereka masih berhadapan dengan kekangan kompetensi pedagogi digital, kekurangan latihan berstruktur yang komprehensif, serta kebimbangan yang tinggi terhadap aspek pengurusan tingkah laku murid di dalam bilik darjah maya (Rachmadtullah et al., 2023).

5. Perbincangan

5.1. Implikasi Model Edu-AIMeta Terhadap Landskap Pendidikan

Pembangunan Model Konseptual Edu-AIMeta memberikan implikasi teoretikal terhadap evolusi sistem pendidikan masa hadapan, khususnya dalam mentransformasikan pemahaman sedia ada tentang bagaimana kognitif, penglibatan sosial, dan ruang spatial berinteraksi. Dari sudut Teori Pembelajaran Konstruktivisme Sosial Vygotsky, model ini secara konseptual memperluas konsep Zon Perkembangan Proksimal (ZPD) daripada ruang fizikal konvensional yang berpusatkan guru kepada ekosistem maya yang boleh disesuaikan. Di bawah Model Edu-AIMeta, proses sokongan tidak lagi terhad kepada interaksi sehalu manusia, sebaliknya dicorakkan secara hibrid oleh algoritma AI yang dinamik serta diperibadikan. Proses sokongan ini membolehkan pelajar membina pengetahuan baharu secara kolaboratif melalui interaksi avatar dalam persekitaran maya. Sinergi antara AI and persekitaran metasemesta ini menghasilkan konsep pembelajaran di mana-mana sahaja yang bersepadu. Sebagai contoh, pembelajaran sejarah tidak lagi bergantung kepada hafalan teks, sebaliknya pelajar diletakkan di dalam simulasi zaman lampau yang dijana AI dan berinteraksi secara dinamik dengan tokoh sejarah secara maya (Abdelmagid et al., 2025; Sripan & Jeerapattanatorn, 2025).

Implikasi teoretikal model ini turut diselaraskan dengan Teori Pembelajaran Berasaskan Pengalamanyang mempunyai empat fasa iaitu pengalaman konkrit melalui emosi, pemerhatian reflektif melalui kognitif, konseptualisasi abstrak melalui teori, dan eksperimen aktif melalui tindakan yang dapat dipraktikkan sepenuhnya dalam persekitaran makmal maya yang dipacu AI secara selamat dan bebas kos pengoperasian fizikal (Kolb, 1984; Mishra et al., 2025). Metasemesta bertindak sebagai pemangkin yang mempercepat transisi fasa-fasa ini melalui ejen

AI yang boleh disesuaikan yang dengan menyediakan senario masa nyata untuk mencabar hipotesis kognitif pelajar secara interaktif.

Seterusnya, dari perspektif model CAMIL, model Edu-AIMeta memberikan sumbangan teoretikal dengan merumuskan bagaimana persekitaran maya berupaya mengawal beban kognitif pelajar semasa melaksanakan proses PdP dalam metasemesta. Rasa kehadiran sosial yang diperkuat menerusi interaksi avatar dan keupayaan bertindak secara autonomi dalam makmal maya bukan sahaja memaksimumkan penglibatan pelajar, malah mengalihkan proses pemprosesan maklumat kognitif daripada pemikiran pasif kepada pembinaan skema mental aktif (Makransky & Petersen, 2021). Ini terbukti berkesan dalam mendemokrasikan kaedah PdP untuk pelajar DHH menerusi perwakilan visual spatial yang mengoptimalkan kefahaman geometri (Chong et al., 2026). Akhir sekali, model ini memperkukuh serta meluaskan kebolegunaan teori UTAUT dengan membuktikan bahawa jangkaan prestasi dan keadaan pemudahan (*facilitating conditions*) dalam kalangan pelajar Generasi Z mengalami transisi apabila sistem teknologi siber yang diguna pakai bertindak sebagai entiti yang sentiasa peka dan mampu belajar secara sendiri, sekali gus menyokong pembelajaran secara sendiri dan pencapaian akademik berterusan (Alotaibi, 2026; Vieriu & Petrea, 2025).

5.2. Analisis Cabaran Pelaksanaan

Walaupun kerangka teori Edu-AIMeta menawarkan potensi yang luar biasa, analisis kritis literatur menunjukkan terdapat beberapa cabaran kritikal yang boleh menjejaskan kelestarian pelaksanaannya. Pertama sekali, isu jurang kebolehoperasian rentas platform (*interoperability*) menjadi penghalang besar kerana ekosistem metasemesta semasa masih bersifat tertutup tanpa satu standard yang membolehkan pemindahan data pembelajaran dan avatar pelajar dilakukan dengan lancar (Almeman et al., 2025; Chong et al., 2026). Selain itu, kekangan biopsikologi seperti gejala ketegangan visual, mabuk siber, dan risiko pengasingan sosial akibat penggunaan peranti paparan lekak kepala untuk tempoh yang lama memerlukan perhatian yang serius daripada pereka instruksional (Tlili et al., 2022). Seterusnya, ancaman terhadap etika data biometrik dan privasi pelajar juga meningkat berikutan pengumpulan data sensitif seperti pergerakan anak mata dan ekspresi wajah oleh algoritma kecerdasan buatan, yang mendedahkan pengguna kepada risiko eksploitasi data oleh penyedia platform AI dan metasemesta (Krishnan & Chowdhury, 2024). Akhir sekali, jurang ekuiti digital yang disebabkan oleh kos perkakasan berprestasi tinggi yang mahal berisiko mewujudkan jurang keadilan sosial yang baharu antara institusi pendidikan yang mempunyai keupayaan kewangan dan kekurangan keupayaan kewangan (Flores-Castañeda et al., 2024).

5.3. Cadangan Model Tadbir Urus Meta

Bagi memastikan kelestarian pelaksanaan ekosistem Edu-AIMeta, kajian ini mencadangkan satu kerangka tadbir urus meta yang disokong oleh tiga strategi utama yang dilaksanakan secara bersepadu (Jabbouri et al., 2025). Strategi pertama memfokuskan kepada penerimaan standard kod terbuka seperti OpenXR atau WebXR bagi memastikan mana-mana platform metasemesta yang digunapakai oleh institusi pendidikan mematuhi piawaian kebolehoperasian yang selamat dan fleksibel (Mishra et al., 2025). Strategi kedua pula melibatkan penggubalan garis panduan etika perlindungan data peribadi khusus untuk persekitaran metasemesta pendidikan, yang bertujuan untuk menghalang pembekal platform daripada mengeksploitasi data biometrik pelajar tanpa kebenaran bertulis (Krishnan & Chowdhury, 2024). Akhir sekali, strategi ketiga menekankan kepentingan penyediaan program latihan pedagogi imersif berstruktur untuk guru, di mana fokus latihan dialihkan daripada kemahiran literasi perkakasan semata-mata kepada reka bentuk instruksional hibrid yang mampu mengimbangi interaksi fizikal dan maya secara sihat bagi mengelakkan beban kognitif berlebihan (Cukurova, 2025; Rachmadtullah et al., 2023).

5.4. Limitasi Kajian

Walaupun kajian konsep ini membekalkan sintesis yang komprehensif bagi pembentukan ekosistem pendidikan masa hadapan, terdapat beberapa limitasi kajian yang perlu diakui sebagai panduan untuk penyelidikan akan datang. Pertama, memandangkan teknologi metasemesta dan kecerdasan buatan dalam pendidikan masih berada di peringkat awal pembangunan siber, kebolehulungan dan keberkesanan praktikal dapatan kertas ini mungkin dipengaruhi oleh ketidakmatangan platform yang dirujuk (Sun et al., 2025). Sebahagian besar rujukan empirikal yang

disintesis juga dijalankan dalam konteks geografi dan sosio-budaya yang terhad seperti di kawasan Asia Timur, Malaysia, Indonesia, dan Timur Tengah, yang mana implikasinya mungkin tidak boleh digeneralisasikan secara terus kepada kawasan luar bandar atau negara membangun yang menghadapi kekangan capaian jalur lebar dan literasi teknologi asas (Chong et al., 2026; Rachmadtullah et al., 2023; Sun et al., 2025).

Kedua, analisis dalam kajian konsep ini bersandarkan kepada persepsi penerimaan, motivasi afektif, dan penglibatan psikososial pengguna, namun kurang menilai hasil pembelajaran langsung (*direct learning outcomes*) seperti tahap pengekalan pengetahuan jangka panjang, pencapaian akademik berasaskan gred, atau pemindahan kemahiran praktikal ke alam fizikal (Sun et al., 2025). Ketiga, dari sudut metodologi sastera, pendekatan tinjauan kepustakaan bersepadu konseptual yang digunakan tidak melibatkan prosedur penapisan artikel secara sistematik (PRISMA). Hal ini mendedahkan kajian konsep kepada risiko bias dalam pemilihan literatur (*selection bias*) serta penghadan sumber rujukan yang diterbitkan dalam bahasa Inggeris sahaja bagi tempoh 2022 hingga 2026 (Torraco, 2016).

Keempat, kajian kepustakaan ini mempunyai had metodologi kerana tiada penilaian kualiti formal yang diaplikasikan ke atas kajian rujukan, yang bermakna kedalaman metodologi bahan asal tidak ditaksir secara kuantitatif. Kelima, ketiadaan pelaporan strategi rangkaian carian (*search strings*) yang terperinci di dalam kertas ini turut membataskan replikasi tinjauan ini oleh pengkaji lain. Keenam, disebabkan analisis dan reka bentuk ini dilakukan secara bertumpu oleh seorang pengkaji, terdapat kemungkinan bias penulis tunggal (*single-author bias*) semasa fasa penyaringan bahan sastera dan pengekodan tema tanpa kehadiran rujukan silang kebolehppercayaan antara penilai. Akhir sekali, Model Edu-AIMeta yang dikemukakan di dalam kertas konsep ini masih berada pada fasa konsep teoritikal; model ini belum disokong oleh sebarang pengesahan pakar secara berstruktur seperti kajian panel Delphi mahupun pengujian empirikal di bilik darjah yang sebenar bagi mengesahkan kebolegunaan serta kestabilan reka bentuk instruksionalnya.

6. Kesimpulan

Integrasi AI dan metasejema berpotensi menyumbang kepada transformasi sistem pendidikan global. Kajian konsep ini telah mensintesis pelbagai literatur terkini untuk menghasilkan Model Edu-AIMeta yang menunjukkan bagaimana aspek enjin AI yang boleh disuaikan, persekitaran ruang spatial metasejema, dan kesediaan pengguna saling menyokong antara satu sama lain dalam membina ekosistem pendidikan yang holistik. Kejayaan transformasi ini bagaimanapun tidak bergantung kepada kecanggihan teknologi semata-mata, sebaliknya memerlukan keseimbangan yang saksama antara inovasi digital dan perlindungan kebajikan pelajar melalui pengenalan tadbir urus yang inklusif, penetapan standard terbuka, serta sokongan latihan berterusan kepada pendidik.

Dari sudut sumbangan dan implikasi, kajian konsep ini membekalkan satu landasan teoretikal dan praktikal yang signifikan kepada komuniti akademik serta pembuat dasar pendidikan masa hadapan. Sumbangan teoretikal utamanya terletak pada pembinaan Model Edu-AIMeta yang mengintegrasikan secara holistik Teori Konstruktivisme Sosial, model CAMIL, Teori Pembelajaran Berasaskan Pengalaman oleh, serta Model UTAUT dalam satu acuan bersepadu, sekali gus merapatkan jurang sorotan kepustakaan sedia ada yang sering membincangkan peranan AI dan metasejema secara berasingan. Implikasi praktikal model ini memberikan panduan kepada pereka instruksional dan pendidik untuk menyusun reka bentuk kurikulum digital yang memanfaatkan AI untuk memperibadikan pembelajaran pada bila-bila masa sahaja di dalam persekitaran maya. Di samping itu, kerangka tadbir urus meta siber yang dicadangkan mempunyai implikasi dasar bagi menyokong kementerian dan agensi pendidikan dalam merancang dasar pengawalseliaan perlindungan data biometrik pelajar serta mengurangkan jurang ekuiti digital melalui perancangan pengagihan peranti imersif.

Seterusnya, hala tuju penyelidikan masa hadapan dicadangkan agar penyelidikan susulan menguji secara empirikal kebolegunaan Model Edu-AIMeta melalui kajian kuantitatif, kajian kes rintis longitudinal, atau kuasi eksperimental di pelbagai peringkat institusi pengajian tinggi dan sekolah. Penyelidikan masa hadapan juga wajar menggunakan kaedah pengesahan pakar yang berstruktur seperti teknik Delphi bersepadu bagi mengumpulkan konsensus pakar rentas disiplin untuk memperhalusi parameter fungsian model ini. Akhir sekali, memandangkan perkembangan pesat teknologi siber, kajian masa hadapan perlu meneroka penyelesaian kebolehooperasian rentas platform metasejema

menggunakan standard kod terbuka dan mengkaji secara mendalam keberkesanan klinikal serta psikososial daripada aspek kesihatan visual dan kognitif pelajar bagi penggunaan peranti paparan leak kepala untuk jangka masa panjang.

Perisytiharan (Declarations)

Penghargaan

Tiada.

Konflik Kepentingan

Tiada.

Kelulusan Etika

Kajian ini dikecualikan daripada keperluan kelulusan etika kerana tidak melibatkan peserta manusia atau pengumpulan data peribadi yang sensitif. Kajian ini menggunakan kaedah bibliometrik sepenuhnya berdasarkan data sekunder daripada pangkalan data Scopus. Oleh itu, ia mematuhi garis panduan institusi yang mengklasifikasikan kajian seperti ini sebagai berisiko rendah dan tidak tertakluk kepada kelulusan etika formal.

Sumbangan Penulis

Pengarang1: Pengkonsepsian, Pengurusan data, Analisis formal, Sumber, Perisian dan Penulisan – draf asal
Pengarang 2: Penyeliaan, Pengesahan, Penulisan – semakan dan penyuntingan

Ketersediaan Data

Tiada.

Rujukan

- Abdelmagid, A. S., Jabli, N. M., Al-Mohaya, A. Y., & Teleb, A. A. (2025). Integrating interactive metaverse environments and generative artificial intelligence to promote the green digital economy and e-entrepreneurship in higher education. *Sustainability*, 17(12), 5594. <https://doi.org/10.3390/su17125594>
- Almeman, K., EL Ayeb, F., Berrima, M., Issaoui, B., & Morsy, H. (2025). The Integration of AI and Metaverse in Education: A Systematic Literature Review. *Applied Sciences*, 15(2), 863. <https://doi.org/10.3390/app15020863>
- Alotaibi, N. (2026). Metaverse adoption among university Generation Z. *Computers and Education Open*, 10, 100340. <https://doi.org/10.1016/j.caeo.2026.100340>
- Alzubaidi, L., Fadhel, M. A., & Duhaime, A. M. (2024). Navigating the metaverse: unraveling the impact of artificial intelligence. *Artificial Intelligence Review*, 57(2), 36. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10881-5>
- Chong, A. P., Wong, K.-T., Vestly, K. L. S., & Kumar, K. S. (2026). Signs, shapes, and spaces: A CAMIL-informed qualitative study of metaverse geometry learning for deaf and hard-of-hearing students. *Education Sciences*, 16(2), 185. <https://doi.org/10.3390/socsci15030191>
- Cukurova, M. (2025). The interplay of learning, analytics and artificial intelligence in education: A vision for hybrid intelligence. *British Journal of Educational Technology*, 56(2), 469–488. <https://doi.org/10.1111/bjet.13514>
- Elsokkary, N., Khan, W., Shurrah, M., & Al-Nasraween, M. (2026). Reinforcement learning and the Metaverse: A symbiotic collaboration. *Smart Learning Environments*, 13(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s10462-025-11433-1>

- Flores-Castañeda, R. O., Olaya-Cotera, S., & Iparraguirre-Villanueva, O. (2024). Benefits of Metaverse Application in Education: A Systematic Review. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 14(1), 65–81. <https://doi.org/10.3991/ijep.v14i1.42421>
- Jabbouri, R., Issa, H., Dakroub, R., & Ankit, A. (2025). Unlocking immersive education: The emergence of the meta-governance framework. *Information Technology & People*, 38(4), 2069–2093. <https://doi.org/10.1108/ITP-10-2023-1070>
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall.
- Krishnan, C., & Chowdhury, D. (2024). Navigating complexity: Thematic insights into ethical challenges and metaverse integration. *Cogent Education*, 11(1), 2428110. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2024.2428110>
- Kye, B., Han, N., Kim, Y., Park, Y., & Jo, S. (2021). Educational applications of metaverse: Possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 18, 32. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32>
- MacInnis, D. J. (2011). A framework for conceptual contributions in marketing. *Journal of Marketing*, 75(4), 136–154. <https://doi.org/10.1509/jmkg.75.4.136>
- Mahmoud, A. B. (2024). Exploring the public's beliefs, emotions and sentiments towards the adoption of the metaverse in education: A qualitative inquiry using big data. *British Educational Research Journal*, 50(5), 2320–2341. <https://doi.org/10.1002/berj.4026>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A theoretical framework-based measure of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, 33(1), 1–37. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Mishra, A., Masih, J., Rajendran, I., Srinivasan, R., & Gupta, K. (2025). From Lecture Halls to Metaverse Worlds: A New Era in Engineering Education. *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, 15(8), 17–30. <https://doi.org/10.3991/ijep.v15i8.59069>
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486–497. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>
- Ortega-Rodríguez, P. J. (2022). From extended reality to the metaverse: A critical reflection on contributions to education. *Teoría de la Educación. Revista Interuniversitaria*, 34(2), 189–208. <https://doi.org/10.14201/teri.27848>
- Owusu-Antwi, K., & Amenuvor, F. E. (2023). Understanding the metaverse: A review of virtual worlds and augmented reality environments. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 42(23), 42–48. <https://doi.org/10.9734/cjast/2023/v42i234172>
- Pari-Bedoya, I. N. M. A. (2023). Smart Learning in Virtual Worlds: A Systematic Literature Review on the Usage and Applications of Metaverse in Education. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 22(9), 85–101. <https://doi.org/10.26803/ijlter.22.9.5>
- Prabowo, P., Utama, I. D., & Rahmatillah, I. (2025). The role of knowledge of AI, AR/VR, and the metaverse of higher education students in enhancing students' business ideation. *Journal of Entrepreneurship Education*, 28(1), 1–15. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2526897>
- Rachmadtullah, R., Setiawan, B., Wasesa, A. J. A., & Wicaksono, J. W. (2023). Elementary school teachers' perceptions of the potential of metaverse technology as a transformation of interactive learning media in Indonesia. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 6(1), 128–136. <https://doi.org/10.53894/ijirss.v6i1.1119>
- Sripan, T., & Jeerapattanatorn, P. (2025). Metaverse-based learning: A comprehensive review of current trends, challenges, and future implications. *Contemporary Educational Technology*, 17(3), ep584. <https://doi.org/10.30935/cedtech/16434>
- Sun, H., Choi, S., Wong, P. Y. P., Shen, J. D., Francisco, M. L. L., & Nurgissayeva, A. (2025). Uncovering the drivers of intent to use the metaverse: Diverse experiences in sustainability education. *Discover Sustainability*, 6, Article 152. <https://doi.org/10.1007/s43621-025-00903-9>
- Svoboda, P., & Knihová, L. (2025). Exploring the future of education: Integrating metaverse and AI tools to enhance learning experiences. *TEM Journal*, 14(1), 631–643. <https://doi.org/10.18421/TEM141-56>
- Tlili, A., Huang, R., Shehata, B., Liu, D., Zhao, J., Metwally, A. H. S., Wang, Y., Denden, M., Bozkurt, A., & Burgos, D. (2022). Is metaverse in education a blessing or a curse: A combined content and bibliometric analysis. *Smart Learning Environments*, 9(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00205-x>
- Torraco, R. J. (2016). Writing integrative literature reviews: Using the past and present to explore the future. *Human Resource Development Review*, 15(4), 404–428. <https://doi.org/10.1177/1534484316671606>

- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. *MIS Quarterly*, 27(3), 425–478. <https://doi.org/10.2307/30036540>
- Vieriu, A. M., & Petrea, G. (2025). The Impact of Artificial Intelligence (AI) on Students' Academic Development. *Education Sciences*, 15(3), 343. <https://doi.org/10.3390/educsci15030343>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wong, G. W. C., Wong, P. P. Y., & Chong, C. (2024). Virtual to Reality: Understanding the role of metaverse as a pedagogical strategy. *The Electronic Journal of e-Learning*, 22(3), 95–108. <https://doi.org/10.34190/ejel.21.6.3219>

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of RISE and/or the editor(s). RISE and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.