



Contents lists available at [Journal ELORA](#)

JRTI (Jurnal Riset Tindakan Indonesia)

ISSN: 2502-079X (Print) ISSN: 2503-1619 (Electronic)

Journal homepage: <https://jrti.eloracenter.org/jrti>



Dinamika dan arah riset avatar digital berbasis kecerdasan buatan tahun 2021–2025

Wiki Lofandri, Bayu Ramadhan Fajri, Mutia Ramdhatul Jannah

Universitas Negeri Padang

Article Info

Article history:

Received Oct 12th, 2025

Revised Nov 20th, 2025

Accepted Dec 26th, 2025

Keyword:

Avatar digital,
Kecerdasan buatan,
Agen virtual,
Bibliometrik,
Large language model,
Metaverse

ABSTRACT

Avatar digital berbasis kecerdasan buatan berkembang pesat sejak peluncuran model bahasa besar generatif akhir 2022, namun peta menyeluruh struktur keilmuannya belum banyak dipetakan. Penelitian ini menganalisis 884 artikel jurnal terindeks Scopus periode 2021-2025 tentang avatar digital, agen virtual, atau karakter berbasis kecerdasan buatan, menggunakan pendekatan bibliometrik dengan Biblioshiny/Bibliometrix dan VOSviewer. Data disaring melalui empat tahap seleksi mengikuti kerangka PRISMA hingga tersisa 884 dokumen final dari 5.391 dokumen awal. Hasil menunjukkan pertumbuhan publikasi hampir eksponensial, dari 77 artikel pada 2021 menjadi 327 artikel pada 2025, dengan Amerika Serikat (194 dokumen) dan Tiongkok (177 dokumen) sebagai dua negara paling produktif dan paling banyak berkolaborasi. Artikel Park dan Kim (2022) tentang taksonomi metaverse tercatat sebagai dokumen paling banyak disitasi (1.598 sitasi). Analisis kata kunci menunjukkan tiga kluster tematik: teknologi imersif, kecerdasan buatan generatif, dan subjek penelitian klinis-perilaku manusia. Analisis Bradford dan Lotka mengonfirmasi konsentrasi publikasi pada segelintir jurnal inti dan produktivitas penulis yang sangat terfragmentasi. Model siklus hidup topik memproyeksikan puncak produksi sekitar 2027, meski proyeksi ini perlu dibaca hati-hati karena hanya bersandar pada lima titik data aktual. Penelitian ini menawarkan peta jalan tematik bagi peneliti yang memasuki bidang ini, sekaligus mengidentifikasi celah riset pada integrasi agen percakapan berbasis LLM dengan representasi visual avatar.



© 2025 The Authors.

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

Corresponding Author:

Wiki Lofandri,
Universitas Negeri Padang
Email: wiloleaks@unp.ac.id

Pendahuluan

Kemunculan ChatGPT pada akhir November 2022 mengubah cara orang membayangkan interaksi antara manusia dan mesin (Wang et al., 2024). Sebelum momen itu, avatar digital umumnya berupa karakter animasi dengan skrip percakapan yang terbatas, dipakai terutama untuk hiburan atau presentasi multimedia dalam pembelajaran (Davis et al., 2023). Begitu model bahasa besar mulai mampu menghasilkan respons yang kontekstual dan tampak seperti manusia, avatar digital berubah fungsi: dari sekadar wajah animasi menjadi antarmuka percakapan yang bisa bernalar, mengingat konteks, dan menyesuaikan gaya bicara pada penggunaannya. Perubahan ini terlihat pada berbagai sektor. Di ranah kesehatan, agen percakapan berbasis kecerdasan buatan mulai dipakai untuk memberi edukasi kesehatan mental dan pemantauan pasien jarak jauh (Hua et al., 2025). Di ranah pemasaran, "virtual influencer" yang digerakkan AI mulai bersaing dengan figur publik manusia dalam hal jangkauan dan keterlibatan audiens (Allal-Chérif et al., 2024). Di ranah pendidikan,

agen pedagogis yang dulunya statis kini mulai memakai LLM untuk menghasilkan penjelasan dinamis sesuai kebutuhan belajar setiap siswa (Dai & Ke, 2022).

Selain tiga sektor di atas, gelombang adopsi avatar AI juga merambah ke ranah yang sebelumnya jarang disentuh riset akademik, seperti layanan pemerintahan digital, rekrutmen tenaga kerja, dan hiburan interaktif berbasis siaran langsung. Perusahaan teknologi besar mulai menanamkan avatar percakapan pada asisten virtual bawaan perangkat, sementara platform e-commerce memakai avatar berwajah manusiawi untuk memandu proses belanja dan menjawab pertanyaan produk secara real-time. Industri hiburan, terutama pertunjukan virtual dan konten media sosial berbasis karakter digital, turut mendorong permintaan terhadap avatar yang mampu berimprovisasi dalam percakapan alih-alih sekadar membacakan skrip tetap. Pergeseran fungsi ini membuat garis batas antara "avatar" sebagai representasi visual dan "agen AI" sebagai sistem penalaran semakin kabur, karena keduanya kini kerap dibangun sebagai satu kesatuan produk. Konsekuensinya, riset akademik dituntut mengejar laju perubahan industri yang sangat cepat, sesuatu yang biasanya menyisakan jeda waktu antara inovasi teknologi dan pemahaman ilmiah yang matang tentangnya.

Pola serupa juga tampak pada tingkat regional. Di kawasan Asia Timur dan Asia Tenggara, penerapan avatar berbasis AI berkembang cepat pada sektor ritel dan platform metaverse lokal seperti Ifland di Korea Selatan (Lee & Kim, 2022) atau ZEPETO, yang membawa isu identitas dan representasi diri ke ranah akademik pemasaran digital. Di Eropa dan Amerika Utara, perhatian riset lebih banyak mengarah pada aspek etika, kepercayaan, dan keamanan data ketika avatar AI dipakai pada layanan publik dan kesehatan (Koohsari et al., 2023). Kawasan Timur Tengah dan Afrika, sejauh dapat ditelusuri dari pola kolaborasi negara pada dataset penelitian ini, relatif belum menjadi simpul produktif yang signifikan, meski beberapa negara seperti Arab Saudi mulai muncul pada analisis afiliasi meski dengan volume yang jauh lebih kecil dibanding kawasan Asia Timur dan Eropa Barat. Perbedaan intensitas riset antarkawasan ini sebagian besar berkorelasi dengan ketersediaan infrastruktur komputasi awan dan populasi peneliti STEM di masing-masing wilayah, bukan semata perbedaan minat akademik terhadap topik ini.

Pada tingkat nasional, Indonesia sendiri belum banyak muncul sebagai simpul produktif dalam peta kolaborasi global untuk topik avatar digital berbasis AI, sesuatu yang, berdasarkan data yang dianalisis dalam penelitian ini, memang tidak terverifikasi keberadaannya di antara sepuluh negara paling produktif pada dataset yang dikumpulkan (lihat Tabel 4). Ketimpangan ini sejalan dengan kritik umum terhadap literatur AI global, yang cenderung didominasi oleh negara dengan infrastruktur riset dan pendanaan besar (Górriz et al., 2023). Padahal, dari sisi penerapan, Indonesia sesungguhnya bukan pasar yang kecil untuk teknologi avatar AI: penetrasi ponsel pintar yang tinggi, populasi pengguna media sosial yang besar, dan kebutuhan layanan publik digital di wilayah kepulauan yang tersebar menjadikan konteks Indonesia sebenarnya relevan secara praktis untuk riset avatar percakapan berbahasa lokal. Kesenjangan antara tingkat adopsi praktis yang tinggi dan produksi riset akademik yang masih rendah ini adalah salah satu bentuk konkret dari apa yang secara umum disebut sebagai jurang riset-praktik (*research-practice gap*) pada bidang teknologi terapan di negara berkembang.

Masalahnya, pertumbuhan jumlah publikasi yang cepat tidak serta-merta diikuti oleh pemahaman menyeluruh tentang bagaimana bidang ini terstruktur secara keilmuan. Kajian naratif atau tinjauan sistematis pada topik avatar digital umumnya berfokus sempit: pada domain pendidikan saja (Davis et al., 2023), pada pemasaran saja (Miao et al., 2022), atau pada kesehatan saja (Ali et al., 2023). Belum banyak studi yang memetakan keseluruhan lanskap penelitian avatar digital berbasis kecerdasan buatan secara lintas-disiplin dengan metode yang dapat direplikasi. Tanpa peta semacam ini, peneliti baru yang ingin masuk ke bidang ini kesulitan mengetahui jurnal mana yang menjadi pusat publikasi, klaster tema mana yang sudah jenuh, dan arah mana yang justru masih jarang disentuh.

Persoalan metodologis ini diperparah oleh sifat literatur yang terus bertambah dengan kecepatan tinggi. Tinjauan naratif konvensional, yang biasanya disusun oleh satu atau beberapa penulis yang membaca artikel secara manual, memiliki keterbatasan kapasitas ketika volume publikasi tahunan sudah mencapai ratusan dokumen seperti yang ditemukan pada dataset penelitian ini untuk tahun 2024 dan 2025. Pendekatan bibliometrik menawarkan solusi metodologis untuk masalah skala ini, karena mampu memproses ribuan metadata dokumen secara sistematis dan mereplikasi pola yang mustahil terlihat lewat pembacaan manual, seperti struktur jaringan ko-okurensi kata kunci atau pola kolaborasi antarnegara. Namun demikian, kekuatan bibliometrik justru belum banyak dimanfaatkan secara spesifik untuk memetakan avatar digital berbasis AI sebagai irisan topik tersendiri; kajian bibliometrik yang ada cenderung membahas metaverse secara umum (Park & Kim, 2022) atau chatbot secara umum (Cai et al., 2022), tanpa secara eksplisit membatasi diri pada perpotongan antara representasi avatar dan kecerdasan generatif di baliknya.

Dari sinilah muncul celah penelitian (*research gap*) yang mendasari studi ini: belum tersedia pemetaan bibliometrik komprehensif yang menggabungkan tren produktivitas, struktur kolaborasi negara, dan evolusi

tematik untuk literatur avatar digital berbasis AI pada periode pascakemunculan LLM generatif (2021-2025). Urgensinya terasa karena periode ini justru menjadi titik infleksi bidang tersebut, data pada penelitian ini menunjukkan lonjakan publikasi dari 87 artikel pada 2022 menjadi 147 pada 2023, sebuah kenaikan 69% dalam satu tahun, tepat setelah ChatGPT dirilis. Urgensi ini juga bersifat praktis bagi pengelola kebijakan riset: dana hibah, program studi lanjut, dan kemitraan industri-akademik pada topik teknologi mutakhir seperti ini biasanya dialokasikan berdasarkan pembacaan tren yang tersedia, sehingga peta bibliometrik yang akurat dan terkini menjadi input penting bagi pengambilan keputusan semacam itu. Tanpa pembaruan peta bidang secara berkala, keputusan alokasi sumber daya riset berisiko didasarkan pada asumsi yang sudah kedaluwarsa mengingat kecepatan perubahan pada topik ini.

Novelty penelitian ini terletak pada penggabungan tiga lapis analisis sekaligus, yaitu analisis hukum bibliometrik klasik (Bradford dan Lotka), pemetaan jaringan kata kunci ko-okurensi, dan model prediksi siklus hidup topik, pada dataset yang secara eksplisit dibatasi pada perpotongan istilah avatar/agen virtual dengan istilah kecerdasan buatan generatif, sesuatu yang belum ditemukan pada kajian bibliometrik sebelumnya tentang metaverse (Park & Kim, 2022) atau chatbot (Cai et al., 2022) secara terpisah. Kombinasi ketiga lapis analisis ini memungkinkan penelitian ini tidak hanya melaporkan "apa yang paling banyak diteliti", sebagaimana lazim pada kajian bibliometrik deskriptif, tetapi juga "mengapa pola itu terbentuk" dan "ke arah mana pola itu kemungkinan bergerak". Pendekatan gabungan semacam ini relatif jarang diterapkan secara bersamaan pada satu dataset topik yang sesempit avatar digital berbasis AI, karena kebanyakan studi bibliometrik cenderung memilih satu atau dua teknik analisis saja demi kesederhanaan penyajian.

Perdebatan tentang bagaimana avatar digital berbasis AI sebaiknya didefinisikan juga belum sepenuhnya selesai, dan hal ini turut memengaruhi bagaimana literatur pada bidang ini dipetakan. Sebagian peneliti menekankan dimensi representasi visual, memandang avatar terutama sebagai wajah atau tubuh digital yang mewakili entitas tertentu di ruang maya (Kim et al., 2023). Sebagian lain menekankan dimensi fungsional, memandang avatar sebagai antarmuka yang menjalankan tugas tertentu atas nama pengguna atau organisasi, terlepas dari seberapa realistis tampilannya. Perbedaan penekanan ini tercermin pada keragaman istilah yang dipakai penelitian ini sebagai kata kunci pencarian, mulai dari "digital character" yang lebih menekankan representasi hingga "embodied agent" yang lebih menekankan fungsi dan penalaran. Tanpa pemetaan bibliometrik yang eksplisit mempertimbangkan keragaman istilah ini sejak tahap perancangan strategi pencarian, kajian literatur pada bidang ini berisiko secara tidak sengaja hanya menangkap salah satu penekanan saja, melewatkan bagian penting dari lanskap penelitian yang sesungguhnya lebih luas.

Dimensi etis dan risiko sosial dari avatar AI juga semakin banyak dibicarakan seiring meluasnya penggunaan teknologi ini, dan perkembangan wacana tersebut turut membentuk konteks yang melatari penelitian bibliometrik ini. Kekhawatiran tentang penyalahgunaan avatar AI untuk penipuan identitas, deepfake suara dan wajah, atau manipulasi opini publik melalui figur virtual yang tampak meyakinkan mulai banyak dibahas pada forum kebijakan teknologi dan media populer. Regulator di berbagai negara juga mulai mempertimbangkan kerangka hukum khusus untuk mengatur transparansi penggunaan avatar AI, misalnya kewajiban pengungkapan bahwa suatu figur dalam video atau siaran langsung bukan manusia sungguhan. Perkembangan wacana kebijakan semacam ini, meski belum tentu langsung tercermin pada volume publikasi akademik yang dianalisis pada penelitian ini, tetap relevan sebagai konteks yang menjelaskan mengapa topik avatar AI menarik perhatian luas melampaui kalangan periset teknis semata. Pemetaan bibliometrik yang komprehensif pada bidang ini karenanya juga berpotensi menjadi rujukan awal bagi pembuat kebijakan yang ingin memahami arah perkembangan riset akademik sebelum merumuskan regulasi yang relevan.

Dari sisi metodologi penelitian itu sendiri, avatar AI juga menghadirkan tantangan unik dibanding topik teknologi lain yang lebih homogen. Sebuah artikel tentang avatar AI bisa saja ditulis oleh insinyur grafis komputer yang berfokus pada rendering wajah, oleh psikolog yang meneliti persepsi pengguna, oleh dokter yang menguji efektivitas terapi berbasis avatar, atau oleh pakar pemasaran yang mengkaji efektivitas iklan berwajah virtual. Keragaman latar belakang penulis semacam ini membuat literatur avatar AI tersebar pada kosakata, gaya penulisan, dan konvensi sitasi yang berbeda-beda antardisiplin, sebuah tantangan metodologis yang perlu diantisipasi sejak tahap perancangan strategi pencarian Boolean. Penelitian ini secara sengaja merancang string pencarian yang cukup luas untuk menjangkau keragaman istilah lintas-disiplin tersebut, sembari tetap membatasi diri pada perpotongan dengan istilah kecerdasan buatan generatif agar cakupan dataset tidak menjadi terlalu luas dan kehilangan fokus tematik. Keseimbangan antara keluasan cakupan dan ketajaman fokus semacam ini menjadi salah satu pertimbangan metodologis paling mendasar yang membentuk keseluruhan desain penelitian ini sejak awal.

Konteks pandemi COVID-19 juga tidak dapat sepenuhnya diabaikan ketika membahas periode awal dataset penelitian ini (2021-2022). Pembatasan mobilitas fisik akibat pandemi mempercepat adopsi berbagai bentuk interaksi virtual, termasuk pertemuan daring, pembelajaran jarak jauh, dan layanan kesehatan telemedisin, yang

secara tidak langsung turut mendorong minat riset terhadap representasi digital manusia dalam ruang virtual. Sejumlah artikel pada rentang 2021 dalam dataset ini, misalnya yang membahas agen pedagogis untuk pembelajaran daring, kemungkinan besar lahir dari kebutuhan mendesak akibat pandemi ketimbang semata dorongan kemajuan teknis kecerdasan buatan. Setelah pembatasan pandemi mulai dilonggarkan pada 2022 dan 2023, dorongan riset pada topik ini tidak surut, melainkan justru semakin besar seiring munculnya kemampuan generatif LLM, menunjukkan bahwa momentum awal yang dipicu kebutuhan pandemi berhasil bertransformasi menjadi momentum baru yang didorong oleh ketersediaan teknologi. Pola pergantian pemicu semacam ini, dari kebutuhan situasional pandemi menuju dorongan teknologi generatif, adalah salah satu nuansa historis yang penting dipahami ketika menafsirkan lonjakan pertumbuhan publikasi yang akan dibahas lebih rinci pada bagian hasil penelitian ini.

Terakhir, penting untuk menegaskan posisi penelitian ini di tengah maraknya kajian bibliometrik pada topik-topik AI yang saat ini banyak diterbitkan. Sebagian kajian bibliometrik pada topik AI cenderung disusun secara tergesa dengan cakupan pencarian yang terlalu longgar atau terlalu sempit, tanpa prosedur validasi silang antarsumber data yang memadai, sehingga hasilnya rentan terhadap bias seleksi yang tidak disadari. Penelitian ini secara sengaja menempatkan prosedur validasi data sebagai tahap eksplisit dan terdokumentasi, membandingkan angka pada file ekspor CSV Scopus dengan hasil analisis Scopus resmi serta dokumen metode penelitian, sebagaimana dijabarkan pada bagian metode berikutnya. Kehati-hatian metodologis semacam ini dimaksudkan agar hasil pemetaan yang disajikan pada penelitian ini benar-benar dapat diandalkan sebagai rujukan awal, bukan sekadar tambahan pada tumpukan kajian bibliometrik yang jumlahnya sudah cukup banyak namun kualitas metodologisnya bervariasi.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk: (1) memetakan tren produktivitas ilmiah tahunan dan pola sitasi literatur avatar digital berbasis kecerdasan buatan periode 2021-2025; (2) mengidentifikasi jurnal, penulis, negara, dan institusi paling produktif serta pola kolaborasinya; (3) memetakan struktur tematik penelitian melalui analisis ko-okurensi kata kunci dan peta tematik; dan (4) merumuskan agenda penelitian masa depan berdasarkan celah yang teridentifikasi dari struktur keilmuan yang ditemukan.

Metode

Penelitian ini menggunakan desain bibliometrik deskriptif dengan pendekatan analisis performa (performance analysis) dan pemetaan sains (science mapping), mengikuti kerangka kerja yang dijelaskan Donthu et al. (2021) dan Aria dan Cuccurullo (2017). Data bersumber dari basis data Scopus (Elsevier), dipilih karena cakupannya yang luas untuk literatur multidisiplin serta ketersediaan metadata sitasi yang lengkap untuk kebutuhan analisis bibliometrik.

Strategi pencarian menggunakan kombinasi Boolean pada bidang judul, abstrak, dan kata kunci (TITLE-ABS-KEY):

(("avatar*" OR "digital avatar*" OR "virtual avatar*" OR "virtual character*" OR "digital character*" OR "intelligent avatar*" OR "virtual agent*" OR "embodied agent*") AND ("artificial intelligence" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "generative AI" OR "generative artificial intelligence" OR "conversational AI" OR "large language model*" OR chatbot*))

Pencarian awal (tahap *identification*) menghasilkan 5.391 dokumen. Dokumen kemudian disaring melalui empat tahap *screening* dan *eligibility* berurutan: (1) pembatasan tahun terbit 2021-2025, menyisakan 2.870 dokumen; (2) pembatasan jenis dokumen pada artikel jurnal, menyisakan 970 dokumen; (3) pembatasan bahasa pada bahasa Inggris, menyisakan 907 dokumen; (4) pembatasan jenis sumber pada jurnal (journal), menyisakan 905 dokumen; dan (5) pembatasan tahap publikasi pada *final*, menyisakan 884 dokumen yang menjadi dataset final penelitian ini. Alur seleksi ini divalidasi silang antara dokumen metode (narasi14.docx) dan hasil ekspor CSV Scopus (datascopus14.csv), dan keduanya konsisten pada angka 884 dokumen dengan sebaran tahun 2021 (77), 2022 (87), 2023 (147), 2024 (246), dan 2025 (327).

Tabel 1. Alur Seleksi Dokumen (Kerangka PRISMA)

Tahap	Kriteria	Jumlah Dokumen
Identification	Pencarian Boolean pada Scopus (TITLE-ABS-KEY)	5.391
Screening 1	Rentang tahun 2021-2025	2.870
Screening 2	Jenis dokumen: Artikel	970

Tahap	Kriteria	Jumlah Dokumen
Eligibility 1	Bahasa: Inggris	907
Eligibility 2	Jenis sumber: Jurnal	905
Included	Tahap publikasi: Final	884

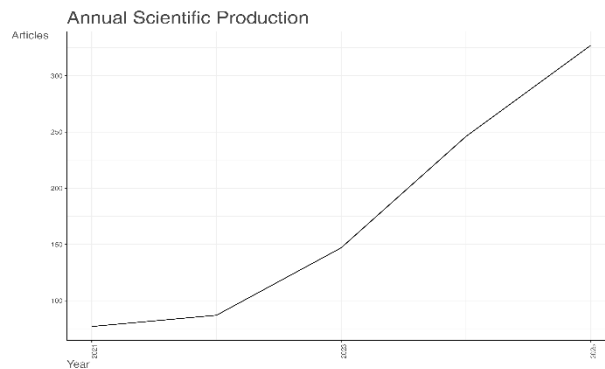
Tabel 1 menampilkan alur seleksi dokumen secara berurutan, dari pencarian awal hingga dataset final yang dianalisis. Setiap baris pada tabel ini merepresentasikan satu keputusan penyaringan yang diambil secara eksplisit dan dapat direplikasi oleh peneliti lain yang ingin memverifikasi atau memperbarui kajian ini pada rentang waktu berbeda. Urutan penyaringan disusun mengikuti prinsip PRISMA, dimulai dari tahap identifikasi yang paling longgar kriterianya, berlanjut ke tahap penyaringan yang membatasi cakupan tahun dan jenis dokumen, hingga tahap kelayakan yang membatasi bahasa dan jenis sumber. Penyusunan berurutan semacam ini penting karena masing-masing kriteria memengaruhi komposisi dataset secara berbeda, dan urutannya memengaruhi jumlah dokumen yang tersisa pada tiap tahap meski hasil akhirnya sama.

Penurunan jumlah dokumen paling drastis terjadi pada dua tahap awal: dari 5.391 dokumen hasil pencarian Boolean menjadi 2.870 dokumen setelah pembatasan tahun, lalu menjadi 970 dokumen setelah pembatasan jenis dokumen pada artikel. Penurunan pada tahap pembatasan tahun mencerminkan bahwa istilah pencarian yang dipakai penelitian ini juga menjaring banyak dokumen dari tahun-tahun sebelum 2021, ketika istilah "avatar" dan "virtual agent" sudah dipakai secara luas dalam literatur ilmu komputer meski belum tentu dalam konteks kecerdasan buatan generatif seperti yang menjadi fokus penelitian ini. Penurunan pada tahap pembatasan jenis dokumen jauh lebih tajam secara proporsional, dari 2.870 menjadi 970 dokumen, yang mengindikasikan bahwa sebagian besar dokumen hasil pencarian awal sebenarnya berupa prosiding konferensi, bab buku, atau materi non-artikel lain yang lazim pada bidang ilmu komputer namun sengaja dikeluarkan dari cakupan penelitian ini demi konsistensi metadata sitasi. Tiga tahap penyaringan terakhir (bahasa, jenis sumber, dan tahap publikasi) menyusutkan dataset secara jauh lebih landai, dari 970 menjadi 884 dokumen, menunjukkan bahwa mayoritas artikel jurnal berbahasa Inggris yang lolos tahap sebelumnya memang sudah cukup homogen dari sisi format publikasi.

Alur seleksi pada Tabel 1 juga berfungsi sebagai instrumen transparansi metodologis yang memungkinkan pembaca menilai sendiri potensi bias seleksi pada penelitian ini. Pembatasan pada artikel jurnal berbahasa Inggris, misalnya, secara sadar mengecualikan kontribusi penting dari prosiding konferensi ilmu komputer, yang pada banyak subbidang teknologi justru menjadi wadah publikasi utama karena siklus tinjau sejawatnya lebih cepat dibanding jurnal. Keputusan metodologis ini diambil demi menjaga konsistensi metrik sitasi dan metadata bibliografis antardokumen, mengingat prosiding konferensi pada Scopus sering memiliki kelengkapan metadata yang lebih bervariasi dibanding artikel jurnal. Pembaca yang berkepentingan mereplikasi hasil penelitian ini pada cakupan yang lebih luas, termasuk prosiding konferensi, dapat menggunakan string Boolean yang sama dengan menghapus pembatasan jenis dokumen pada tahap kedua alur seleksi ini.

Analisis data dilakukan menggunakan dua perangkat lunak utama: Biblioshiny (antarmuka R Bibliometrix) untuk analisis performa, hukum Bradford, hukum Lotka, tren topik, dan model siklus hidup publikasi; serta VOSviewer untuk pemetaan jaringan ko-okurensi kata kunci dan peta kolaborasi negara. Teknik analisis yang diterapkan meliputi analisis tren publikasi tahunan, analisis sitasi, analisis sumber (jurnal), analisis penulis dan negara, analisis ko-okurensi kata kunci, dan pemetaan tematik (thematic mapping) berdasarkan sentralitas (relevance) dan kepadatan (development degree) klaster.

Sesuai hierarki sumber data yang ditetapkan pada protokol penelitian ini, apabila terjadi ketidaksesuaian angka antarfile, CSV hasil ekspor Scopus (datascopus14.csv) diperlakukan sebagai sumber utama, diikuti hasil analisis Bibliometrix, visualisasi VOSviewer, dokumen Boolean Search, dan dokumen metode. Satu ketidaksesuaian kecil ditemukan pada grafik produksi ilmiah tahunan (Gambar 1), yang menampilkan angka tahun 2025 sedikit di atas 327 (angka riil pada CSV); ini kemungkinan berasal dari mekanisme anualisasi Biblioshiny yang mengestimasi proyeksi tahun berjalan, bukan kesalahan penghitungan. Karena selisihnya kecil dan tidak memengaruhi interpretasi tren, angka 327 dari CSV tetap dipakai sebagai rujukan utama dalam narasi.



Gambar 1. Produksi Ilmiah Tahunan (Annual Scientific Production), 2021-2025.

Prosedur validasi data dilakukan dengan membandingkan jumlah dokumen, sebaran tahun, dan sebaran negara antara `datascopus14.csv` dan `Scopus\_exported\_refine\_values.csv`; keduanya menunjukkan angka yang konsisten (884 dokumen; Amerika Serikat 194, Tiongkok 176-177, Inggris 97), sehingga data dianggap valid untuk dianalisis lebih lanjut.

Hasil dan Pembahasan

Audit dan Karakteristik Umum Dataset

Tabel 2 menunjukkan bahwa dataset ini didominasi sepenuhnya oleh artikel jurnal, konsisten dengan kriteria seleksi pada tahap metode. Rasio antara jumlah penulis unik (3.591) dan jumlah dokumen (884), sekitar 4 penulis per dokumen, mengindikasikan bahwa penelitian pada bidang ini umumnya dikerjakan secara tim, pola yang lazim ditemukan pada riset kecerdasan buatan dan sistem interaktif yang membutuhkan keahlian gabungan antara ilmu komputer, psikologi, dan desain interaksi. Jumlah jurnal unik yang mencapai 505 judul untuk hanya 884 dokumen juga menunjukkan sebaran publikasi yang cukup lebar, meski nantinya akan terlihat bahwa sebagian besar dokumen sebenarnya terkonsentrasi pada segelintir jurnal inti saja. Total sitasi kumulatif sebesar 23.487 untuk keseluruhan dataset menandakan bahwa literatur ini, meski relatif muda, sudah cukup banyak dirujuk oleh komunitas ilmiah yang lebih luas.

Tabel 2. Ringkasan Karakteristik Dataset

Karakteristik	Nilai
Jumlah dokumen (artikel)	884
Rentang tahun terbit	2021-2025
Jumlah jurnal (sumber) unik	505
Jumlah penulis unik	3.591
Total sitasi kumulatif	23.487
Rata-rata sitasi per artikel	26,57
Artikel paling banyak disitasi	Park & Kim (2022), 1.598 sitasi
Jenis dokumen	100% artikel jurnal

Angka rata-rata sitasi per artikel sebesar 26,57 perlu dibaca dengan kehati-hatian karena distribusinya sangat tidak merata. Satu artikel saja, yaitu Park dan Kim (2022) tentang taksonomi metaverse, menyumbang 1.598 sitasi atau sekitar 6,8% dari total sitasi kumulatif seluruh dataset, jauh melampaui kontribusi artikel median. Pola distribusi yang timpang semacam ini lazim ditemukan pada bidang riset yang sedang berkembang cepat, di mana beberapa artikel perintis atau artikel tinjauan komprehensif cenderung menyerap proporsi sitasi yang tidak proporsional dibanding jumlah artikel yang menyitasinya. Karena itu, median sitasi kemungkinan jauh lebih rendah dari rata-rata 26,57 yang dilaporkan pada Tabel 2, sebuah karakteristik statistik yang perlu diperhitungkan ketika membandingkan dampak ilmiah antarartikel dalam dataset ini.

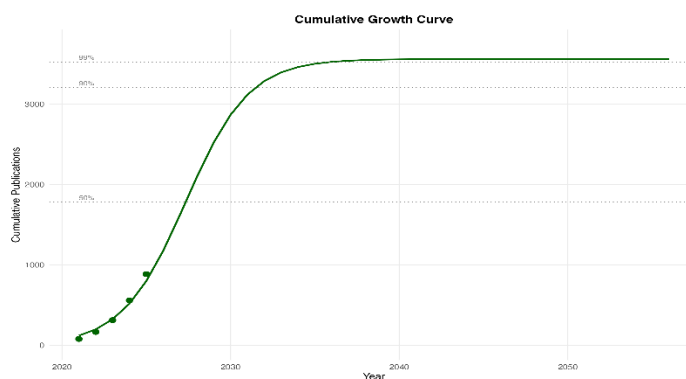
Karakteristik dataset pada Tabel 2 secara keseluruhan menggambarkan bidang riset yang masih dalam tahap pembentukan, ditandai oleh populasi penulis yang besar namun sebagian besar berkontribusi hanya sekali,

jumlah jurnal yang tersebar luas namun terkonsentrasi pada segelintir judul inti, dan distribusi sitasi yang sangat timpang ke arah beberapa artikel perintis. Kombinasi karakteristik ini konsisten dengan pola yang biasa diamati pada bidang teknologi terapan yang baru muncul, sebelum bidang tersebut mengalami konsolidasi menuju struktur keilmuan yang lebih matang dan stabil. Bagian-bagian berikutnya pada laporan hasil ini akan menguraikan masing-masing karakteristik tersebut secara lebih rinci, dimulai dari pola pertumbuhan publikasi tahunan.

Tren Produktivitas Ilmiah Tahunan

Produksi artikel tumbuh dari 77 dokumen pada 2021 menjadi 327 dokumen pada 2025, sebuah kenaikan lebih dari empat kali lipat dalam lima tahun (Gambar 1). Pertumbuhan ini tidak terjadi secara merata sepanjang periode pengamatan, melainkan berakselerasi tajam mulai pertengahan periode. Pola akselerasi ini menjadikan kurva produksi tahunan condong ke kanan, dengan sebagian besar volume publikasi terkonsentrasi pada dua tahun terakhir dataset. Karakteristik pertumbuhan semacam ini penting dipahami sejak awal karena akan memengaruhi hampir seluruh analisis lain pada laporan ini, termasuk pola sitasi dan proyeksi siklus hidup topik.

Data menunjukkan pertumbuhan yang tidak linear: kenaikan dari 2021 ke 2022 relatif landai (77 ke 87, atau 13%), tetapi kenaikan dari 2022 ke 2023 melonjak menjadi 69% (87 ke 147), dan berlanjut naik 67% dari 2023 ke 2024 (147 ke 246), lalu 33% dari 2024 ke 2025 (246 ke 327). Kurva kumulatif (Gambar 7) menegaskan pola ini: titik infleksi paling tajam terjadi tepat pada rentang 2022-2024. Jika dihitung secara proporsional, dua tahun terakhir (2024 dan 2025) saja menyumbang 573 dari 884 dokumen total, atau sekitar 65% dari keseluruhan dataset. Sebaliknya, dua tahun pertama (2021 dan 2022) hanya menyumbang 164 dokumen, atau sekitar 18,5% dari total, sebuah kontras yang menegaskan betapa cepatnya bidang ini tumbuh dalam waktu singkat.



Gambar 2. Kurva Pertumbuhan Kumulatif Publikasi.

Pola percepatan pertumbuhan yang dimulai pada 2023 selaras secara temporal dengan peluncuran publik ChatGPT pada akhir November 2022 (Wang et al., 2024). Sebelum momen itu, riset avatar digital sudah berjalan, grafik menunjukkan 77 dan 87 dokumen pada 2021 dan 2022, tetapi pertumbuhannya moderat dan menyerupai pola pertumbuhan literatur ilmiah pada umumnya. Begitu kemampuan generatif LLM tersedia secara luas untuk publik dan peneliti, jumlah publikasi melonjak signifikan, mengindikasikan bahwa ketersediaan teknologi generatif menjadi pemicu utama percepatan riset pada topik ini, bukan sekadar tren linear alami dari pertumbuhan literatur ilmiah pada umumnya. Pola ini juga konsisten dengan siklus publikasi ilmiah yang khas: ide dan eksperimen awal biasanya membutuhkan waktu enam bulan hingga satu tahun sebelum terbit sebagai artikel jurnal, sehingga lonjakan tajam pada 2023 kemungkinan besar mencerminkan riset yang dimulai segera setelah ChatGPT dirilis pada akhir 2022.

Temuan ini memperkuat pandangan bahwa perkembangan riset pada bidang teknologi terapan sangat dipengaruhi oleh ketersediaan alat (tool availability), bukan semata oleh akumulasi teori. Ini sejalan dengan konsep "technology-push" dalam literatur difusi inovasi, di mana ketersediaan teknologi baru memicu gelombang riset terapan sebelum kerangka teoretisnya matang. Pola ini juga menambah bukti empiris bagi argumen bahwa siklus riset pada bidang teknologi digital kini bergerak jauh lebih cepat dibanding disiplin ilmu tradisional, sehingga kerangka teoretis yang mapan sering kali baru terbentuk belakangan, setelah gelombang riset eksploratif awal mereda. Implikasi ini relevan bagi metodologi riset bibliometrik sendiri, karena menandakan perlunya pembaruan analisis yang lebih sering untuk topik-topik yang dipicu oleh terobosan teknologi.

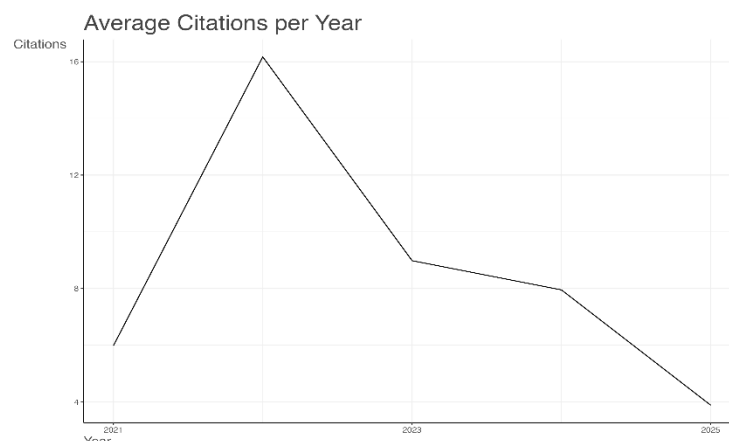
Bagi pengelola jurnal dan penyelenggara konferensi, temuan ini mengindikasikan perlunya kapasitas tinjauan sejawat (peer review) yang lebih besar untuk mengimbangi lonjakan submisi pada topik terkait AI generatif dan avatar. Bagi peneliti pemula, jendela waktu 2023-2025 menunjukkan bidang ini masih dalam fase pertumbuhan aktif, sehingga peluang kontribusi orisinal relatif masih terbuka dibanding bidang yang sudah

mapan dan padat literatur. Bagi lembaga pendanaan riset, tren pertumbuhan yang tajam ini juga menjadi sinyal bahwa investasi pada topik avatar AI kemungkinan akan terus relevan dalam waktu dekat, meski kepastian jangka panjangnya tetap perlu dicermati mengingat sifat proyeksi. Bagi pengelola basis data sitasi dan indeks akademik, kecepatan pertumbuhan ini juga menuntut pembaruan kategori subjek yang lebih granular, karena topik avatar AI saat ini masih sering tersebar pada beberapa kategori subjek besar seperti ilmu komputer umum, tanpa subkategori khusus yang memudahkan pelacakan tren.

Diperlukan kajian lanjutan pada 2026-2027 untuk mengonfirmasi apakah pertumbuhan ini terus berlanjut atau mulai melandai, sebagaimana diproyeksikan pada model siklus hidup topik. Studi lanjutan juga dapat menelusuri apakah lonjakan pada 2023-2024 didominasi oleh artikel yang benar-benar membahas integrasi avatar dengan LLM secara substantif, atau sebagian besar hanya menyebut istilah tersebut secara sekilas tanpa kontribusi metodologis yang mendalam. Perbandingan pola pertumbuhan bidang ini dengan bidang teknologi generatif lain, seperti robotika otonom atau visi komputer generatif, juga dapat memberi konteks pembandingan yang berguna untuk menilai apakah kecepatan pertumbuhan avatar AI tergolong wajar atau justru luar biasa dibanding bidang sejenis. Analisis pertumbuhan per subtema, memisahkan misalnya artikel yang berfokus pada representasi visual dari artikel yang berfokus pada kecerdasan percakapan, juga akan membantu menjelaskan bagian mana dari lonjakan pertumbuhan total ini yang paling banyak disumbang oleh masing-masing subtema.

Pola Sitasi dan Dampak Ilmiah

Rata-rata sitasi per tahun (Gambar 3) menunjukkan pola non-monoton: rendah pada 2021 (sekitar 6), memuncak tajam pada 2022 (sekitar 16), lalu menurun bertahap hingga sekitar 4 pada 2025. Pola naik-turun ini berbeda dari pola pertumbuhan volume publikasi, yang justru menunjukkan tren naik terus-menerus. Perbedaan arah antara dua metrik ini, volume publikasi yang naik namun rata-rata sitasi tahunan yang justru turun setelah 2022, menjadi salah satu temuan paling penting pada bagian hasil ini karena berpotensi disalahartikan jika dibaca tanpa konteks metodologis yang tepat. Rentang nilai pada grafik ini juga tergolong sempit, dari sekitar 4 hingga 16 sitasi per tahun, sehingga fluktuasinya jauh lebih halus dibanding lonjakan volume publikasi pada Gambar 1 yang mencapai kenaikan berkali-kali lipat.



Gambar 3. Rata-rata Sitasi Artikel per Tahun.

Pola ini konsisten dengan sepuluh artikel paling banyak disitasi dalam dataset (Tabel 5), yang mayoritas terbit pada 2021-2022, termasuk Park dan Kim (2022) dengan 1.598 sitasi dan Ibarz et al. (2021) dengan 593 sitasi. Dari sepuluh artikel paling berpengaruh pada Tabel 5, delapan di antaranya terbit pada rentang 2021-2023, sementara hanya dua yang terbit pada 2024, dan tidak satu pun yang terbit pada 2025 meski volume publikasi tahun tersebut jauh lebih besar dibanding tahun-tahun sebelumnya. Fakta bahwa artikel-artikel 2025, yang jumlahnya paling banyak, sama sekali tidak muncul pada daftar sepuluh besar sitasi memperkuat dugaan bahwa faktor usia publikasi, bukan kualitas substantif semata, menjadi penentu utama posisi pada daftar tersebut. Pola serupa juga terlihat pada rata-rata sitasi tahunan itu sendiri, yang memuncak pada 2022 lalu menurun terus-menerus hingga 2025, sejalan langsung dengan berkurangnya waktu yang tersedia bagi artikel-artikel yang lebih baru untuk dikutip oleh karya-karya berikutnya.

Pola ini adalah *citation aging effect* yang wajar dalam bibliometrik: artikel yang terbit lebih awal memiliki jendela waktu lebih panjang untuk mengumpulkan sitasi, sedangkan artikel 2024-2025 secara struktural belum sempat disitasi sebanyak itu terlepas dari kualitasnya. Karena itu, rata-rata sitasi per tahun yang rendah pada 2024-2025 (Gambar 2) tidak boleh dibaca sebagai indikasi bahwa artikel-artikel tersebut kurang berpengaruh; itu semata artefak waktu observasi. Fenomena ini juga diperkuat oleh jeda waktu tinjauan sejawat pada artikel yang menyitasi karya tersebut: sebuah artikel yang terbit pada 2025 baru bisa disitasi oleh artikel lain yang,

secara realistis, baru akan terbit setidaknya enam bulan hingga satu tahun kemudian, sehingga jendela pengamatan sitasi untuk artikel-artikel terbaru pada dataset ini memang secara struktural masih sangat pendek. Puncak rata-rata sitasi pada 2022, bukan pada 2021, juga masuk akal karena artikel 2021 baru mulai disitasi secara luas setelah komunitas ilmiah mengenal keberadaannya, sementara artikel 2022 sudah mendapat manfaat dari eksposur awal yang lebih matang sekaligus jendela waktu akumulasi sitasi yang masih cukup panjang.

Temuan ini menegaskan pentingnya menormalisasi metrik sitasi terhadap usia publikasi ketika membandingkan artikel lintas tahun, sebuah prinsip metodologis standar dalam bibliometrik (Donthu et al., 2021). Tanpa normalisasi semacam ini, perbandingan dampak ilmiah antarartikel dari tahun yang berbeda berisiko menghasilkan kesimpulan yang keliru, terutama pada bidang yang volume publikasinya sedang tumbuh cepat seperti avatar AI. Prinsip ini juga relevan secara lebih luas bagi metodologi evaluasi riset pada bidang mana pun yang mengalami pertumbuhan publikasi tajam dalam waktu singkat, tidak terbatas pada topik avatar digital saja. Dari sudut pandang teori difusi pengetahuan ilmiah, pola ini juga menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan sebuah gagasan untuk terserap secara luas ke dalam literatur turunan tetap relatif tetap, terlepas dari seberapa cepat volume publikasi pada bidang induknya bertambah.

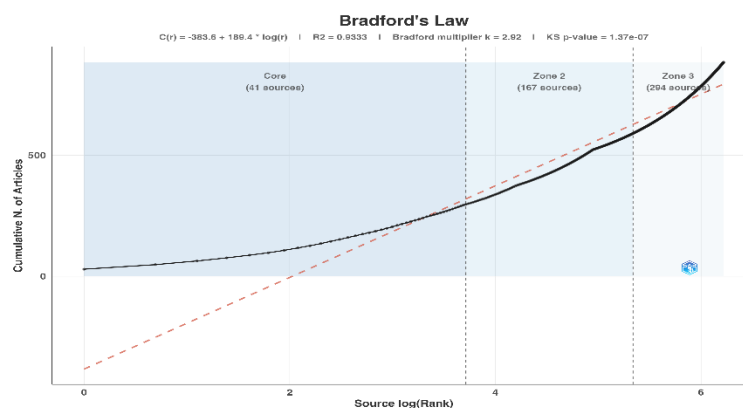
Evaluasi kinerja riset yang membandingkan produktivitas peneliti pada bidang yang tumbuh cepat seperti ini perlu mempertimbangkan usia publikasi, bukan hanya jumlah sitasi mentah, agar tidak secara sistematis merugikan peneliti yang aktif pada tahun-tahun terakhir. Institusi yang menggunakan metrik sitasi sebagai bagian dari penilaian kinerja akademik sebaiknya menyesuaikan ambang batas ekspektasi sitasi berdasarkan usia publikasi, khususnya untuk peneliti yang baru mulai aktif pada topik avatar AI sejak 2024 atau 2025. Kebijakan semacam ini penting agar peneliti muda pada bidang yang sedang tumbuh cepat tidak dinilai secara tidak adil dibanding peneliti senior yang kebetulan mulai lebih awal. Pengelola basis data sitasi juga dapat mempertimbangkan penyediaan indikator tambahan seperti sitasi per tahun sejak terbit secara baku pada antarmuka pencarian mereka, agar pengguna tidak perlu menghitung normalisasi ini secara manual setiap kali membandingkan artikel dari tahun berbeda.

Analisis lanjutan dengan metrik yang dinormalisasi usia, seperti sitasi per tahun sejak terbit dibagi rata-rata bidang, akan memberi gambaran dampak yang lebih adil untuk artikel-artikel terbaru. Studi lanjutan juga dapat menelusuri artikel-artikel 2024-2025 yang menunjukkan tanda-tanda pertumbuhan sitasi awal yang cepat (early citation velocity tinggi), karena indikator ini kerap menjadi penanda dini artikel yang berpotensi menjadi rujukan penting di masa depan sebelum sitasi kumulatifnya sempat menyamai artikel-artikel lama. Pemantauan berkala terhadap rata-rata sitasi tahunan pada 2026 dan seterusnya juga akan membantu memastikan apakah pola penurunan pada Gambar 2 murni disebabkan oleh efek usia publikasi, atau mulai mencerminkan penurunan riil minat komunitas ilmiah terhadap subtopik tertentu dalam bidang avatar AI. Kolaborasi dengan basis data sitasi alternatif seperti Google Scholar atau Dimensions, yang memiliki jendela pembaruan indeks lebih cepat dibanding Scopus, juga dapat membantu mendeteksi sinyal dampak awal artikel-artikel terbaru sebelum tercermin penuh pada basis data Scopus.

Sumber Jurnal dan Hukum Bradford

Dari 505 jurnal unik dalam dataset, sepuluh jurnal paling produktif adalah IEEE Access (29 artikel), IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (19), International Journal of Human-Computer Interaction (15), Applied Sciences/Switzerland (13), Frontiers in Psychology (11), Electronics/Switzerland (10), Sensors (10), Computers in Human Behavior (10), IEEE Robotics and Automation Letters (9), dan Scientific Reports (9). Dominasi jurnal berbasis IEEE pada urutan atas daftar ini cukup mencolok, dengan tiga dari sepuluh besar berasal dari penerbit tersebut. Pola ini memberi petunjuk awal tentang orientasi disiplin literatur avatar AI, yang tampaknya masih condong ke rekayasa dan ilmu komputer ketimbang ke ilmu sosial atau humaniora. Sepuluh jurnal ini secara gabungan hanya menyumbang 138 dari 884 dokumen atau sekitar 15,6% dari total dataset, menandakan bahwa meski ada konsentrasi pada segelintir judul, mayoritas artikel tetap tersebar pada ratusan jurnal lain di luar sepuluh besar tersebut.

Analisis hukum Bradford (Gambar 3) mengonfirmasi pola konsentrasi ini secara kuantitatif: 41 jurnal inti (*core*), sekitar 8% dari total 505 jurnal, menyumbang porsi awal kurva kumulatif yang curam, sementara Zona 2 berisi 167 jurnal dan Zona 3 (jurnal paling jarang menerbitkan topik ini) berisi 294 jurnal. Model log-linear menghasilkan kesesuaian tinggi ($R^2 = 0,9333$) dengan pengganda Bradford $k = 2,92$, meski uji Kolmogorov-Smirnov menunjukkan penyimpangan statistik dari model ideal ($p = 1,37 \times 10^{-7}$), yang lazim terjadi pada dataset besar dan lintas-disiplin seperti ini. Perbandingan antara 41 jurnal inti dengan 294 jurnal pada Zona 3 menunjukkan rasio sekitar 1 berbanding 7, artinya untuk setiap satu jurnal yang secara konsisten menerbitkan topik avatar AI, terdapat sekitar tujuh jurnal lain yang hanya menerbitkan satu atau dua artikel terkait topik ini sepanjang periode pengamatan. Rasio ini menegaskan bahwa meski topik avatar AI menyebar ke banyak jurnal, kontribusi substantifnya tetap bertumpu pada segelintir sumber inti saja.



Gambar 3. Analisis Hukum Bradford terhadap Sebaran Jurnal.

Dominasi IEEE Access dan IEEE TVCG pada jurnal inti mengindikasikan bahwa avatar digital berbasis AI, sebagaimana dipetakan pada dataset ini, masih didekati terutama sebagai persoalan rekayasa dan visualisasi komputer, bukan semata persoalan sosial-humaniora. Namun kehadiran *Frontiers in Psychology* dan *Computers in Human Behavior* pada sepuluh besar menunjukkan dimensi perilaku dan psikologis pengguna avatar juga mulai mendapat tempat yang cukup signifikan, tidak lagi sekadar catatan pinggir dari riset teknis. Perpaduan antara jurnal bergaya rekayasa dan jurnal bergaya psikologi pada daftar sepuluh besar ini juga mencerminkan sifat lintas-disiplin bidang avatar AI itu sendiri, yang membutuhkan kontribusi baik dari sisi teknis pembuatan sistem maupun sisi pemahaman bagaimana manusia meresponsnya secara psikologis. Tidak adanya jurnal bergaya pemasaran atau bisnis pada sepuluh besar, meski Tabel 5 menunjukkan artikel bertema pemasaran avatar cukup berpengaruh dari segi sitasi, juga mengindikasikan bahwa volume publikasi dan dampak sitasi tidak selalu berjalan pada arah yang sama antarkluster disiplin.

Pola Bradford yang tetap muncul meskipun bidang ini relatif baru dan lintas-disiplin menunjukkan bahwa hukum konsentrasi literatur klasik tetap berlaku bahkan pada topik teknologi yang berkembang cepat, bukan hanya pada disiplin ilmu yang sudah mapan. Temuan ini menambah bukti empiris bagi generalisasi hukum Bradford ke bidang-bidang teknologi kontemporer, sesuatu yang sebelumnya lebih banyak diuji pada disiplin ilmu klasik seperti fisika atau kedokteran. Konsistensi pola ini di tengah pertumbuhan literatur yang sangat cepat juga menandakan bahwa mekanisme sosial di balik konsentrasi publikasi, seperti reputasi jurnal dan preferensi penulis untuk mengirim naskah terbaik ke jurnal ternama, tetap bekerja meski pada bidang yang usianya belum genap lima tahun. Nilai pengganda Bradford $k = 2,92$ yang ditemukan pada dataset ini juga dapat dijadikan titik pembandingan kuantitatif bagi kajian bibliometrik serupa pada topik teknologi AI lain di masa depan.

Bagi peneliti yang ingin memublikasikan pada topik avatar AI dengan visibilitas tinggi, sepuluh jurnal inti pada Tabel 3 adalah target logis pertama, sementara jurnal pada Zona 2-3 dapat dipertimbangkan untuk topik yang lebih spesifik atau niche. Pengelola perpustakaan dan pusat informasi ilmiah di institusi pendidikan juga dapat menggunakan daftar jurnal inti ini sebagai acuan prioritas berlangganan, mengingat konsentrasi literatur avatar AI yang tinggi pada jurnal-jurnal tersebut. Editor jurnal pada Zona 2 yang ingin meningkatkan visibilitasnya pada topik ini juga dapat mempertimbangkan penerbitan edisi khusus (special issue) bertema avatar AI, sebagai strategi menarik lebih banyak naskah berkualitas dari komunitas peneliti yang saat ini masih terkonsentrasi mengirim naskah terbaiknya ke sepuluh jurnal inti saja. Konsorsium riset lintas-institusi yang berencana membangun basis data internal tentang avatar AI juga dapat memakai sepuluh jurnal ini sebagai titik awal pemantauan literatur terbaru secara rutin, alih-alih memantau seluruh 505 jurnal yang tersebar pada dataset.

Tabel 3. Sepuluh Jurnal Paling Produktif

Peringkat	Jurnal	Jumlah Artikel
1	IEEE Access	29
2	IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	19
3	International Journal of Human-Computer Interaction	15

Peringkat	Jurnal	Jumlah Artikel
4	Applied Sciences (Switzerland)	13
5	Frontiers in Psychology	11
6	Electronics (Switzerland)	10
6	Sensors	10
6	Computers in Human Behavior	10
9	IEEE Robotics and Automation Letters	9
9	Scientific Reports	9

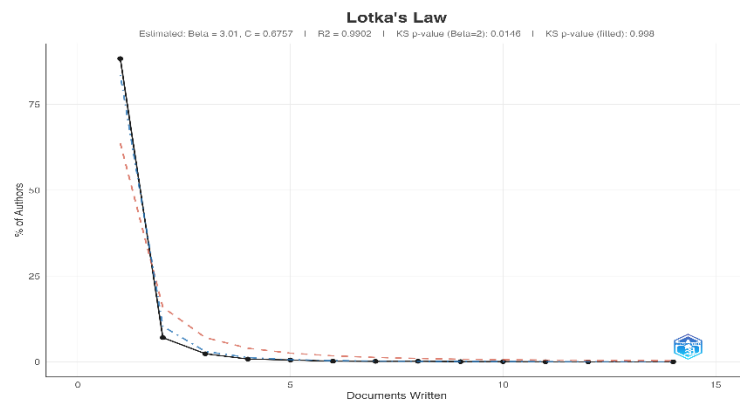
Tabel 3 memperlihatkan sepuluh jurnal yang paling banyak menerbitkan artikel bertopik avatar digital berbasis AI dalam dataset ini, disusun berdasarkan jumlah artikel secara menurun. Susunan tabel ini melengkapi Gambar 3 dengan menampilkan nama jurnal secara eksplisit, karena kurva Bradford pada Gambar 3 hanya menunjukkan pola distribusi secara agregat tanpa merinci identitas jurnal pada zona inti. Kombinasi keduanya memungkinkan pembaca memahami baik pola statistik konsentrasi literatur maupun jurnal spesifik mana saja yang membentuk pola tersebut. Tiga jurnal teratas pada tabel ini bersama-sama menyumbang 63 artikel, atau sekitar 7% dari keseluruhan dataset, sebuah proporsi yang cukup besar mengingat jumlah total jurnal unik yang mencapai 505 judul.

Variasi cakupan tematik antarjurnal pada Tabel 3 juga mencerminkan keragaman pendekatan riset dalam bidang avatar AI. IEEE Access, sebagai jurnal akses terbuka multidisiplin dengan proses tinjauan sejawat yang relatif cepat, secara struktural memang lebih mudah menampung volume artikel yang besar dibanding jurnal dengan cakupan topik yang lebih sempit seperti IEEE Robotics and Automation Letters. Sementara itu, kehadiran Applied Sciences dan Electronics, keduanya diterbitkan oleh MDPI dengan kebijakan akses terbuka serupa, menunjukkan bahwa model publikasi akses terbuka tampaknya cukup diminati oleh peneliti pada bidang avatar AI, kemungkinan karena kebutuhan diseminasi cepat pada bidang yang berkembang pesat seperti ini. Pola ini berbeda dari kebiasaan publikasi pada bidang ilmu sosial murni, yang cenderung lebih banyak memakai jurnal berlangganan tradisional dengan proses tinjauan sejawat yang lebih panjang.

Posisi Frontiers in Psychology sebagai satu-satunya jurnal murni psikologi pada sepuluh besar Tabel 3 juga layak dicermati lebih jauh, karena menandakan bahwa dimensi persepsi dan respons psikologis pengguna terhadap avatar AI sudah cukup matang untuk menarik volume publikasi yang signifikan, meski masih kalah jauh secara jumlah dibanding jurnal-jurnal rekayasa. Absennya jurnal bereputasi tinggi di bidang pendidikan atau ilmu komunikasi pada sepuluh besar ini turut mengindikasikan bahwa penelitian avatar AI dalam konteks pembelajaran, meski cukup banyak dibahas pada level artikel individual seperti yang terlihat pada tinjauan naratif Davis et al. (2023), belum terkonsentrasi pada satu atau dua jurnal spesifik yang menjadi wadah utamanya. Pola sebaran semacam ini berbeda dari bidang riset pendidikan konvensional, yang biasanya sudah memiliki jurnal inti yang jelas seperti Computers & Education atau British Journal of Educational Technology. Ketimpangan representasi disiplin pada Tabel 3 ini menjadi salah satu petunjuk awal bagi analisis lebih mendalam tentang fragmentasi komunitas riset avatar AI yang akan dibahas lebih rinci.

Penulis, Produktivitas, dan Hukum Lotka

Analisis produktivitas penulis (Gambar 8) menunjukkan pola sangat terfragmentasi: mayoritas mutlak dari 3.591 penulis unik hanya berkontribusi pada satu dokumen, sementara penulis paling produktif seperti Zhang J. (14 dokumen), Wang Y. (12), Kang J. (11), dan Liu Y. (11) menjadi pengecualian kecil. Pola ini menunjukkan struktur populasi penulis yang sangat timpang, dengan sebagian kecil penulis menyumbang porsi produktivitas yang jauh melampaui rata-rata populasi secara keseluruhan. Karakteristik semacam ini umum ditemukan pada bidang riset kolaboratif skala besar, namun tingkat kecuraman distribusinya perlu diverifikasi secara statistik melalui hukum Lotka. Perbedaan mencolok antara jumlah dokumen penulis paling produktif (14 dokumen) dan median jumlah dokumen per penulis, yang secara implisit mendekati satu dokumen saja, menggambarkan skala ketimpangan yang jauh lebih ekstrem dibanding yang biasa terlihat pada distribusi produktivitas normal.



Gambar 4. Analisis Hukum Lotka terhadap Produktivitas Penulis.

Estimasi parameter hukum Lotka menghasilkan koefisien $\beta = 3,01$, lebih tinggi dari nilai klasik $\beta = 2$ yang diajukan Lotka (1926). Uji Kolmogorov-Smirnov menolak model Lotka klasik ($p = 0,0146$, di bawah ambang $0,05$) namun menerima model dengan β terestimasi ($p = 0,998$, $R^2 = 0,9902$). Selisih antara β terestimasi ($3,01$) dan β klasik ($2,00$) tergolong cukup besar dalam konteks bibliometrik, dan nilai R^2 sebesar $0,9902$ pada model yang disesuaikan menunjukkan bahwa data produktivitas penulis pada dataset ini benar-benar mengikuti pola pangkat (power law) yang curam, bukan sekadar penyimpangan acak dari model klasik. Konstanta C sebesar $0,6757$ pada model yang difitkan juga mengindikasikan proporsi penulis dengan tepat satu dokumen yang sangat tinggi, konsisten dengan pengamatan bahwa mayoritas mutlak dari 3.591 penulis unik pada dataset ini hanya muncul satu kali.

β yang lebih besar dari 2 berarti distribusi produktivitas penulis pada bidang ini menurun lebih curam dibanding pola klasik Lotka, dengan kata lain, proporsi penulis yang hanya menulis satu artikel jauh lebih dominan, dan proporsi penulis yang sangat produktif jauh lebih kecil, dibandingkan bidang ilmu yang sudah mapan dan terkonsolidasi. Pola ini konsisten dengan bidang yang masih muda dan sedang menarik banyak peneliti baru dari berbagai latar belakang disiplin, ilmu komputer, psikologi, pemasaran, dan kedokteran, yang masing-masing berkontribusi sekali lalu tidak melanjutkan riset spesifik pada topik avatar AI ini. Interpretasi ini juga sejalan dengan temuan tentang lonjakan publikasi pasca-2022: gelombang penulis baru yang masuk ke bidang ini seiring naiknya popularitas topik kemungkinan besar adalah penulis yang sebelumnya aktif pada bidang berdekatan, seperti kecerdasan buatan umum atau interaksi manusia-komputer, dan hanya menjajal topik avatar AI secara insidental. Penulis paling produktif seperti Zhang J. dan Kang J., yang namanya juga banyak muncul pada literatur metaverse dan blockchain yang lebih luas, turut mendukung dugaan bahwa sebagian kontributor inti pada bidang ini sebenarnya berasal dari komunitas riset teknologi digital yang lebih besar, bukan spesialis avatar AI murni sejak awal karier risetnya.

Temuan bahwa hukum Lotka klasik tidak berlaku secara langsung pada bidang ini menambah bukti empiris bahwa parameter β perlu diestimasi ulang untuk setiap bidang, bukan diasumsikan universal, sebuah argumen yang juga muncul pada kajian bibliometrik bidang-bidang teknologi baru lainnya. Hasil ini memperkuat pandangan bahwa hukum bibliometrik klasik seperti Lotka sebaiknya diperlakukan sebagai kerangka acuan awal yang perlu diuji ulang parameternya untuk setiap konteks topik, bukan diterapkan secara mentah sebagai konstanta universal lintas bidang. β yang lebih tinggi dari nilai klasik juga dapat dijadikan indikator tidak langsung tentang usia dan tingkat konsolidasi suatu bidang riset, karena bidang yang lebih tua dan mapan pada umumnya menunjukkan β yang lebih mendekati nilai klasik seiring terbentuknya kelompok peneliti inti yang stabil dari waktu ke waktu. Perbandingan lebih lanjut antara β bidang avatar AI ini dengan β pada bidang-bidang teknologi digital lain yang sudah lebih mapan, seperti keamanan siber atau basis data terdistribusi, berpotensi memperkuat argumen bahwa nilai β cenderung menurun mendekati nilai klasik seiring bertambahnya usia dan konsolidasi suatu bidang riset.

Institusi riset yang ingin membangun keunggulan kompetitif pada topik avatar AI dapat mempertimbangkan strategi retensi terhadap penulis multi-dokumen yang sudah teridentifikasi (Zhang J., Wang Y., Kang J., Niyato D., dan sejenisnya), karena mereka merepresentasikan simpul keahlian yang relatif langka di tengah populasi penulis yang sangat cair. Program beasiswa atau hibah riset yang menargetkan pembentukan kelompok riset stabil pada topik ini juga dapat mempertimbangkan temuan ini sebagai dasar argumentasi, mengingat besarnya proporsi kontributor satu-kali yang berpotensi menjadi peneliti tetap apabila diberi insentif dan dukungan kelembagaan yang memadai. Universitas yang ingin membangun pusat unggulan pada topik avatar AI juga dapat memanfaatkan daftar penulis produktif ini sebagai titik awal penajakan kolaborasi atau perekrutan periset tamu, alih-alih membangun tim riset baru sepenuhnya dari nol. Jejaring alumni riset atau forum komunitas

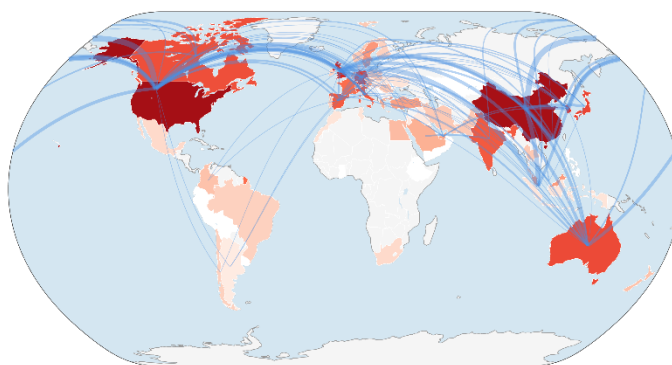
daring yang menghimpun penulis-penulis satu-kali pada topik ini juga berpotensi menjadi saluran menjaring kembali kontributor potensial yang sempat menjajal topik avatar AI namun belum berlanjut ke publikasi kedua.

Studi lanjutan berbasis analisis jaringan kolaborasi penulis (co-authorship network) dapat mengungkap apakah penulis-penulis produktif ini membentuk kelompok riset yang saling terhubung atau justru bekerja secara independen pada sub-topik berbeda. Penelusuran afiliasi institusional para penulis paling produktif juga dapat memberi gambaran apakah keunggulan produktivitas mereka berasal dari dukungan kelembagaan tertentu, seperti laboratorium riset AI berskala besar, atau semata hasil ketekunan individual di tengah dukungan institusional yang standar. Perbandingan koefisien beta pada bidang avatar AI ini dengan koefisien beta pada bidang-bidang bertetangga, seperti robotika sosial atau interaksi manusia-komputer secara umum, juga akan membantu menempatkan tingkat fragmentasi penulis pada bidang ini dalam konteks yang lebih luas. Wawancara kualitatif terhadap sampel penulis kontributor satu-kali juga dapat menggali secara langsung alasan mereka tidak melanjutkan riset pada topik ini, apakah karena keterbatasan sumber daya, pergeseran minat, atau sekadar proyek insidental yang tidak berlanjut menjadi agenda riset jangka panjang.

Sebaran Negara dan Kolaborasi Internasional

Amerika Serikat (194 dokumen) dan Tiongkok (177 dokumen) mendominasi produktivitas negara, jauh di atas Inggris (97), Korea Selatan (73), Jerman (64), Jepang (54), Australia (50), Kanada (46), India (45), dan Italia serta Singapura (masing-masing 40). Jarak antara peringkat pertama dan kedua dengan peringkat ketiga cukup mencolok: Amerika Serikat dan Tiongkok bersama-sama menyumbang 371 dokumen, hampir dua kali lipat dari total sepuluh negara peringkat tiga hingga sepuluh secara gabungan. Pola dominasi ganda semacam ini konsisten dengan pola umum yang juga teramati pada bidang riset kecerdasan buatan secara lebih luas. Sepuluh negara pada Tabel 4 secara keseluruhan menyumbang 766 dari 884 dokumen, atau sekitar 87% dari total dataset, menunjukkan bahwa produktivitas riset pada topik ini sangat terkonsentrasi secara geografis pada segelintir negara saja.

Peta kolaborasi negara (Gambar 5) menunjukkan simpul kolaborasi paling tebal antara Amerika Serikat dengan Tiongkok, serta antara Amerika Serikat dengan sejumlah negara Eropa (Inggris, Jerman, Italia, Spanyol). Australia tampak sebagai penghubung kolaborasi penting untuk kawasan Asia Pasifik, dengan garis kolaborasi yang menyebar ke Tiongkok, Singapura, dan Jepang. Ketebalan garis kolaborasi pada peta ini juga menunjukkan bahwa kolaborasi antarnegara pada bidang avatar AI cenderung mengikuti pola "hub-and-spoke", di mana beberapa negara besar (terutama Amerika Serikat, Tiongkok, dan Inggris) menjadi simpul pusat yang terhubung ke banyak negara lain, sementara kolaborasi langsung antarnegara di luar simpul pusat tersebut relatif jarang terlihat. Warna gradasi merah pada peta, dari merah pekat untuk negara paling produktif hingga merah muda untuk negara dengan kontribusi lebih kecil, juga secara visual menegaskan pola konsentrasi yang sama dengan yang ditunjukkan angka pada Tabel 4.



Gambar 5. Peta Kolaborasi Negara (VOSviewer).

Dominasi ganda Amerika Serikat dan Tiongkok mencerminkan pola umum pada riset kecerdasan buatan secara global, di mana kedua negara ini juga memimpin investasi riset dan pengembangan LLM secara industri. Yang menarik, kolaborasi antara kedua negara ini tetap intensif meskipun ada ketegangan geopolitik terkait teknologi AI antara keduanya pada periode yang sama, menunjukkan bahwa riset akademik dasar tentang avatar dan agen virtual relatif berjalan pada jalur yang lebih terpisah dari isu kebijakan teknologi strategis. Pola hub-and-spoke yang teridentifikasi pada peta kolaborasi juga mengindikasikan bahwa negara-negara dengan kapasitas riset menengah cenderung berkolaborasi dengan negara besar terlebih dahulu, ketimbang membangun jaringan kolaborasi horizontal langsung dengan sesama negara berkapasitas menengah, sebuah pola yang berpotensi memperlambat difusi pengetahuan di luar simpul-simpul utama tersebut. Posisi Australia sebagai penghubung regional Asia Pasifik pada peta ini juga menarik dicermati, karena menunjukkan bahwa negara

dengan populasi peneliti relatif lebih kecil dibanding Tiongkok atau Jepang tetap dapat memainkan peran strategis dalam jaringan kolaborasi global apabila memiliki kebijakan riset internasional yang aktif.

Pola kolaborasi ini mendukung teori bahwa produksi ilmiah pada bidang teknologi mutakhir cenderung terkonsentrasi pada negara dengan infrastruktur komputasi besar (data center, GPU) dan populasi peneliti STEM yang besar, bukan tersebar merata secara global. Temuan pola hub-and-spoke juga menambah bukti empiris bagi teori jaringan ilmiah global yang menyatakan bahwa kolaborasi internasional pada bidang teknologi baru sering kali terbentuk melalui simpul pusat, bukan melalui jaringan yang benar-benar terdesentralisasi. Pola ini relevan bagi kerangka teori pusat-pinggiran (core-periphery) dalam sosiologi ilmu pengetahuan, yang menjelaskan bagaimana produksi pengetahuan global cenderung terpusat pada sejumlah kecil simpul dominan yang kemudian menjadi rujukan utama bagi simpul-simpul yang lebih kecil di sekitarnya. Temuan ini juga membuka ruang diskusi lebih lanjut tentang sejauh mana kerangka pusat-pinggiran tersebut tetap relevan pada era kolaborasi digital, ketika secara teknis jarak geografis semestinya bukan lagi kendala utama bagi kolaborasi riset lintas negara.

Bagi negara dengan kapasitas riset menengah seperti Indonesia, yang tidak muncul di antara sepuluh negara paling produktif pada dataset ini, peluang kontribusi paling realistis kemungkinan bukan pada pengembangan model dasar, yang membutuhkan infrastruktur komputasi besar, melainkan pada riset terapan konteks lokal, misalnya adopsi avatar AI untuk layanan publik berbahasa daerah atau pendidikan jarak jauh di wilayah kepulauan. Pembuat kebijakan riset di negara berkapasitas menengah juga dapat mempertimbangkan strategi membangun kolaborasi langsung dengan simpul-simpul pusat (Amerika Serikat, Tiongkok, atau Inggris) sebagai jalur masuk paling efisien menuju jaringan riset global pada topik ini, mengingat pola hub-and-spoke yang teridentifikasi pada Gambar 5. Universitas Indonesia yang ingin membangun rekam jejak riset pada topik ini juga dapat mempertimbangkan skema sandwich program atau kolaborasi riset bersama dengan simpul-simpul Asia Pasifik seperti Australia atau Singapura, mengingat kedekatan geografis dan pola kolaborasi yang sudah terbentuk di kawasan tersebut. Konsorsium riset regional ASEAN yang berencana membangun kapasitas riset avatar AI bersama juga dapat mempertimbangkan pembentukan pusat unggulan regional yang menghimpun sumber daya dari beberapa negara sekaligus, ketimbang masing-masing negara membangun kapasitas secara terpisah dengan sumber daya yang terbatas.

Tabel 4. Sepuluh Negara Paling Produktif

Peringkat	Negara	Jumlah Dokumen
1	Amerika Serikat	194
2	Tiongkok	177
3	Inggris	97
4	Korea Selatan	73
5	Jerman	64
6	Jepang	54
7	Australia	50
8	Kanada	46
9	India	45
10	Italia	40
10	Singapura	40

Tabel 4 merinci sepuluh negara dengan jumlah dokumen afiliasi penulis terbanyak dalam dataset penelitian ini, dan angka-angkanya telah divalidasi silang antara dua sumber data terpisah (datascopus14.csv dan Scopus_exported_refine_values.csv) sebagaimana dijelaskan pada bagian metode. Validasi silang ini penting karena penghitungan afiliasi negara pada artikel dengan penulis multi-institusi dan multi-negara secara metodologis bisa menghasilkan angka yang sedikit berbeda tergantung metode penghitungan yang dipakai, apakah dihitung sekali per dokumen atau berulang untuk setiap afiliasi penulis. Konsistensi angka antara dua sumber data pada penelitian ini, dengan selisih yang sangat kecil untuk Tiongkok (176 versus 177), menunjukkan bahwa metode ekstraksi negara yang digunakan cukup andal untuk kebutuhan analisis deskriptif semacam ini. Tabel ini juga sengaja disusun berdampingan dengan Gambar 5 karena keduanya saling

melengkapi: tabel memberi angka pasti untuk perbandingan langsung antarnegara, sementara peta memberi gambaran visual tentang bagaimana negara-negara tersebut saling terhubung melalui kolaborasi penulisan bersama.

Sebaran geografis pada Tabel 4 juga mencerminkan pola kekuatan ekonomi dan teknologi global secara lebih luas. Tujuh dari sepuluh negara pada tabel ini merupakan anggota kelompok ekonomi maju G7 atau negara dengan pendapatan tinggi menurut klasifikasi Bank Dunia, sementara Tiongkok dan India mewakili dua negara berkembang dengan populasi peneliti STEM terbesar di dunia. Pola ini menunjukkan bahwa produktivitas riset avatar AI, sebagaimana bidang riset kecerdasan buatan pada umumnya, sangat berkorelasi dengan kapasitas ekonomi dan investasi riset nasional, ketimbang tersebar merata berdasarkan populasi penduduk atau kebutuhan aplikatif semata. Ketidadaan negara-negara Asia Tenggara, Afrika, atau Amerika Latin pada sepuluh besar ini, meski beberapa di antaranya memiliki populasi pengguna teknologi digital yang besar, menjadi salah satu temuan yang relevan bagi diskusi kesenjangan riset global pada Bagian 4.

Perbandingan Tabel 4 dengan daftar sepuluh negara paling produktif pada bidang kecerdasan buatan secara umum, sejauh dapat ditelusuri dari kajian bibliometrik sejenis yang sudah dipublikasikan sebelumnya, menunjukkan susunan peringkat yang sangat mirip, dengan Amerika Serikat dan Tiongkok yang hampir selalu menempati dua posisi teratas. Kemiripan pola ini menandakan bahwa avatar digital berbasis AI, sebagai subtopik, mewarisi struktur geografis produksi pengetahuan yang sama dengan bidang induknya, kecerdasan buatan secara luas, alih-alih membentuk peta kekuatan risetnya sendiri yang berbeda. Satu perbedaan kecil yang menarik dicermati adalah posisi Korea Selatan pada peringkat keempat di Tabel 4, lebih tinggi dibanding posisinya yang biasa ditempati pada kajian bibliometrik kecerdasan buatan secara umum, kemungkinan berkaitan dengan tingginya minat industri hiburan dan platform metaverse lokal Korea Selatan seperti Ifland terhadap teknologi avatar secara khusus. Pengamatan semacam ini menunjukkan bahwa meski pola makro geografis riset avatar AI mengikuti pola bidang induknya, tetap ada ruang bagi karakteristik nasional tertentu, seperti kekuatan industri hiburan digital, untuk mendorong posisi suatu negara sedikit lebih tinggi pada subtopik spesifik dibanding posisinya pada bidang yang lebih luas.

Artikel Paling Berpengaruh

Sembilan dari sepuluh artikel paling berpengaruh membahas metaverse, robotika, atau kesehatan sebagai konteks aplikasi avatar/agen AI, bukan avatar itu sendiri sebagai objek utama. Rentang sitasi pada tabel ini juga sangat lebar, dari 1.598 pada peringkat pertama hingga 280 pada peringkat kesepuluh, sebuah selisih lebih dari lima kali lipat yang menegaskan konsentrasi pengaruh ilmiah pada segelintir artikel perintis. Empat jurnal berbeda muncul pada tiga besar tabel ini (IEEE Access, Journal of Marketing, dan International Journal of Robotics Research), menunjukkan bahwa pengaruh ilmiah tertinggi pada bidang ini tidak terkonsentrasi pada satu jurnal saja meski secara volume publikasi IEEE Access mendominasi (lihat Tabel 3). Sebaran tahun terbit pada tabel ini juga condong ke periode awal dataset, sejalan dengan pola citation aging effect.

Tabel 5. Sepuluh Artikel Paling Banyak Disitasi

Peringkat	Penulis (Tahun)	Judul (ringkas)	Jurnal	Sitasi
1	Park & Kim (2022)	A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges	IEEE Access	1.598
2	Crolic et al. (2022)	Blame the Bot: Anthropomorphism and Anger in Customer-Chatbot Interactions	Journal of Marketing	652
3	Ibarz et al. (2021)	How to train your robot with deep reinforcement learning	Int. J. of Robotics Research	593

Peringkat	Penulis (Tahun)	Judul (ringkas)	Jurnal	Sitasi
4	Miao et al. (2022)	An Emerging Theory of Avatar Marketing	Journal of Marketing	573
5	Yang et al. (2022)	Fusing Blockchain and AI With Metaverse: A Survey	IEEE Open J. of the Computer Society	441
6	Metzger et al. (2023)	A high-performance neuroprosthesis for speech decoding and avatar control	Nature	425
7	Xu et al. (2023)	A Full Dive Into Realizing the Edge-Enabled Metaverse	IEEE Comm. Surveys & Tutorials	402
8	Wang et al. (2022)	Development of metaverse for intelligent healthcare	Nature Machine Intelligence	387
9	Almarzouqi et al. (2022)	Prediction of User's Intention to Use Metaverse System in Medical Education	IEEE Access	345
10	Vemprala et al. (2024)	ChatGPT for Robotics: Design Principles and Model Abilities	IEEE Access	280

Artikel peringkat pertama, Park dan Kim (2022) tentang taksonomi metaverse, sendirian menyumbang 1.598 sitasi, hampir dua setengah kali lipat sitasi artikel peringkat kedua, Crolie et al. (2022), yang memperoleh 652 sitasi. Jarak besar antara peringkat pertama dan kedua ini menunjukkan bahwa artikel Park dan Kim (2022) berfungsi sebagai rujukan taksonomi dasar yang dipakai luas oleh artikel-artikel lain di bidang metaverse dan avatar AI, sebuah posisi yang lazim ditempati oleh artikel tinjauan komprehensif pada bidang yang baru berkembang. Tiga artikel pada Tabel 5 (Metzger et al., 2023; Wang et al., 2022; Almarzouqi et al., 2022) secara eksplisit membahas avatar dalam konteks kesehatan, sementara dua artikel lain (Xu et al., 2023; Yang et al., 2022) membahas avatar dalam konteks arsitektur metaverse berbasis blockchain, menunjukkan sebaran domain aplikasi yang cukup lebar di antara artikel-artikel paling berpengaruh ini. Vemprala et al. (2024), satu-satunya artikel pada tabel ini yang membahas ChatGPT secara eksplisit, juga menjadi penanda bahwa integrasi LLM dengan sistem robotik dan avatar baru mulai mendapat pengakuan sitasi tinggi sejak 2024, sejalan dengan pola pertumbuhan pesat pasca-ChatGPT yang dibahas.

Ini mengindikasikan bahwa avatar digital dalam literatur yang paling berpengaruh cenderung diposisikan sebagai komponen pendukung dari sistem yang lebih besar (metaverse, sistem robotik, sistem kesehatan digital), bukan sebagai fokus tunggal penelitian. Hanya Crolie et al. (2022) dan Miao et al. (2022) yang secara eksplisit menempatkan interaksi manusia-avatar/chatbot sebagai objek sentral penelitian, dan keduanya justru terbit di *Journal of Marketing*, menunjukkan bahwa perspektif perilaku konsumen memberi kontribusi berpengaruh yang signifikan meski secara volume publikasi kalah dari klaster teknik. Pola ini konsisten dengan temuan pada tentang dominasi jurnal bergaya rekayasa dalam hal volume publikasi, namun menunjukkan bahwa pengaruh ilmiah tertinggi (dalam bentuk sitasi) tidak selalu sejalan dengan volume publikasi tertinggi pada jurnal yang sama. Keragaman domain aplikasi pada sepuluh artikel ini, mulai dari neuroprostetik (Metzger et al., 2023)

hingga pemasaran (Miao et al., 2022), juga menegaskan bahwa avatar AI sudah menjadi elemen pendukung lintas sektor yang sangat luas, bukan topik yang terkurung pada satu domain aplikasi tunggal saja.

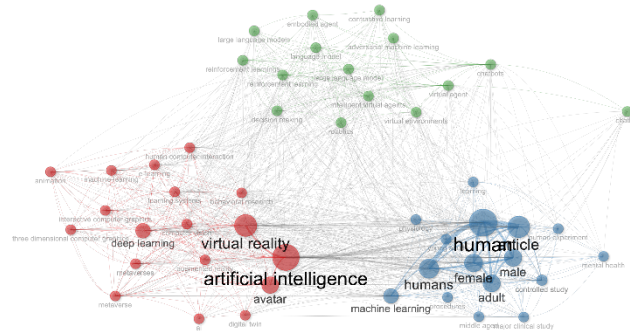
Temuan bahwa artikel paling berpengaruh cenderung memosisikan avatar sebagai komponen pendukung, bukan objek tunggal, menambah bukti bagi pandangan bahwa avatar AI paling baik dipahami sebagai teknologi pemungkin (*enabling technology*) lintas domain, serupa dengan bagaimana kecerdasan buatan secara umum juga sering dipelajari sebagai komponen pendukung sistem yang lebih besar ketimbang sebagai objek penelitian yang berdiri sendiri. Pola ini juga relevan bagi teori difusi inovasi, karena menunjukkan bahwa penerimaan akademik terhadap suatu teknologi baru sering kali datang lebih dulu lewat aplikasinya pada domain yang sudah mapan (kesehatan, pemasaran) ketimbang lewat kajian teknis murni tentang teknologi itu sendiri. Pandangan ini juga menambah bukti bahwa dampak ilmiah suatu inovasi teknis sering kali diukur bukan dari seberapa canggih teknik yang dipakai, melainkan dari seberapa luas dan konkret aplikasi teknik tersebut dirasakan oleh komunitas riset di luar bidang asalnya. Dari sudut pandang manajemen inovasi, pola ini juga menguatkan argumen bahwa nilai komersial dan ilmiah suatu teknologi baru sering kali baru terlihat jelas setelah teknologi tersebut diintegrasikan ke dalam produk atau layanan konkret, bukan pada tahap riset dasar yang masih murni eksploratif.

Peneliti yang ingin berkontribusi pada literatur berdampak tinggi perlu mempertimbangkan framing riset avatar AI sebagai bagian dari sistem sosioteknis yang lebih luas (kesehatan, pemasaran, edukasi), bukan sebagai artefak teknis yang berdiri sendiri. Pengelola jurnal yang ingin meningkatkan dampak sitasi pada topik ini juga dapat mempertimbangkan untuk secara aktif mengundang naskah yang menempatkan avatar AI dalam konteks aplikasi konkret, mengingat pola pada Tabel 5 menunjukkan artikel dengan framing aplikatif cenderung memperoleh sitasi yang jauh lebih tinggi dibanding artikel yang membahas avatar sebagai topik teknis yang berdiri sendiri. Mahasiswa pascasarjana yang sedang menentukan topik disertasi pada bidang ini juga dapat mempertimbangkan pola ini sebagai salah satu bahan pertimbangan, meski tentu bukan satu-satunya kriteria kelayakan topik penelitian. Tim riset industri yang mengembangkan produk avatar AI komersial juga dapat memanfaatkan pola ini untuk memprioritaskan studi kasus penerapan yang konkret ketimbang publikasi yang semata mendemonstrasikan kapabilitas teknis, jika tujuannya adalah membangun visibilitas akademik yang tinggi.

Studi lanjutan dapat menelusuri lebih jauh mengapa artikel dengan framing aplikatif memperoleh sitasi jauh lebih tinggi dibanding artikel teknis murni, misalnya lewat analisis konten mendalam terhadap sitasi masuk (*incoming citations*) untuk memahami komunitas pembaca mana yang paling sering merujuk artikel-artikel pada Tabel 5. Pemantauan berkala terhadap artikel-artikel 2024-2025 yang belum sempat masuk daftar sepuluh besar karena keterbatasan usia publikasi juga penting dilakukan, mengingat kemungkinan besar beberapa di antaranya, khususnya yang membahas integrasi LLM dengan avatar secara eksplisit, akan naik peringkat seiring waktu. Kajian bibliometrik lanjutan yang secara khusus membandingkan pola sitasi antara artikel dengan framing aplikatif dan artikel dengan framing teknis murni pada topik-topik AI lain juga dapat menguji apakah pola yang ditemukan pada Tabel 5 ini berlaku secara lebih umum, atau justru spesifik bagi karakteristik bidang avatar AI saja. Analisis konten kualitatif terhadap abstrak sepuluh artikel paling berpengaruh ini, ditambah artikel-artikel baru yang berpotensi masuk daftar tersebut pada tahun-tahun mendatang, juga dapat memverifikasi secara lebih sistematis proporsi framing aplikatif dibanding framing teknis pada seluruh dataset, bukan hanya pada sepuluh artikel teratas.

Struktur Tematik: Ko-okurensi Kata Kunci

Peta jaringan ko-okurensi kata kunci (Gambar 6) menunjukkan tiga kluster utama yang saling terhubung namun cukup terpisah secara struktural. Ukuran simpul pada peta ini, yang merepresentasikan frekuensi kemunculan kata kunci, menunjukkan bahwa "artificial intelligence", "virtual reality", dan "human/humans" adalah simpul dengan ukuran terbesar pada masing-masing kluster warnanya. Kepadatan garis penghubung antarkluster juga tidak merata, dengan kluster merah dan kluster biru menunjukkan lebih banyak garis penghubung silang dibanding kluster hijau, yang relatif lebih terisolasi di bagian atas peta. Pengamatan visual terhadap posisi kluster pada peta juga menunjukkan bahwa kluster hijau (AI percakapan) berada relatif lebih jauh secara spasial dari kluster biru (subjek manusia) dibanding jaraknya dengan kluster merah, mengindikasikan derajat keterhubungan tematik yang berbeda-beda antarpasangan kluster.



Gambar 6. Jaringan Ko-okurensi Kata Kunci (VOSviewer).

Klaster merah berpusat pada *virtual reality*, *artificial intelligence*, *avatar*, dan *deep learning*, dengan simpul pendukung seperti *computer vision*, *e-learning*, *metaverse*, dan *human computer interaction*, ini adalah klaster teknologi imersif dan antarmuka. Klaster biru berpusat pada *human*, *humans*, *article*, *female*, *male*, dan *adult*, dengan simpul pendukung *physiology*, *controlled study*, *mental health*, dan *major clinical study*, ini adalah klaster subjek penelitian klinis/eksperimental manusia, sebuah artefak dari konvensi pengindeksan Scopus yang mengadopsi istilah gaya Emtree/MEDLINE untuk artikel yang melibatkan uji coba pada manusia. Klaster hijau berpusat pada *chatbot*, *chatbots*, *large language model(s)*, *reinforcement learning*, dan *virtual agent*, dengan simpul seperti *embodied agent* dan *intelligent virtual agents*, ini adalah klaster kecerdasan buatan percakapan dan agen otonom. Posisi klaster hijau yang berada di bagian atas peta, relatif terpisah dari dua klaster lainnya, juga konsisten dengan pengamatan bahwa istilah-istilah seperti "large language model" dan "reinforcement learning" baru mulai marak dipakai pada literatur bidang ini sejak 2023, sehingga jaringan ko-okurensinya dengan kata kunci klaster merah dan biru yang sudah lebih lama dipakai relatif belum sepadat jaringan internal klaster hijau sendiri.

Pemisahan tiga klaster ini menunjukkan bahwa literatur avatar digital AI, meski satu topik payung, sebenarnya terpecah menjadi tiga komunitas riset dengan bahasa dan metodologi yang cukup berbeda: satu berbicara dalam bahasa rekayasa grafis dan realitas virtual, satu berbicara dalam bahasa kedokteran dan psikologi eksperimental, dan satu lagi berbicara dalam bahasa pemrosesan bahasa alami dan pembelajaran penguatan. Kata kunci "avatar" sendiri berada pada klaster merah (teknologi imersif), bukan pada klaster hijau (AI percakapan), mengindikasikan bahwa dalam kosakata bidang ini, "avatar" masih lebih diasosiasikan dengan representasi visual/grafis ketimbang dengan kecerdasan generatif di baliknya. Ini adalah temuan penting untuk memahami arah novelty pada bagian pembahasan: integrasi eksplisit antara representasi visual avatar (klaster merah) dengan kecerdasan percakapan berbasis LLM (klaster hijau) tampaknya belum menjadi tema yang matang, karena kedua klaster ini secara struktural relatif terpisah dalam jaringan ko-okurensi. Posisi klaster biru yang justru menjadi jembatan antara klaster merah dan klaster hijau pada beberapa titik peta juga menarik untuk dicermati, karena mengindikasikan bahwa penelitian dengan desain eksperimental manusia sering kali menjadi titik temu antara riset teknis representasi avatar dan riset teknis kecerdasan percakapan, meski belum tentu keduanya digabungkan secara eksplisit dalam satu studi yang sama.

Struktur tiga klaster ini menawarkan kerangka konseptual awal untuk mengklasifikasikan riset avatar AI ke depan: apakah sebuah studi berfokus pada representasi (bagaimana avatar terlihat dan bergerak), pada kognisi (bagaimana avatar bernalar dan merespons), atau pada dampak (bagaimana avatar memengaruhi pengguna manusia secara psikologis atau klinis). Kerangka tiga dimensi ini juga dapat dipakai sebagai instrumen analitis pada kajian bibliometrik serupa di masa depan, memungkinkan perbandingan langsung struktur tematik antara bidang avatar AI dengan bidang teknologi interaktif lain yang memiliki karakteristik multidisiplin serupa. Selain itu, temuan struktur tiga klaster ini turut menegaskan bahwa peta ko-okurensi kata kunci dapat berfungsi sebagai alat diagnostik awal untuk menilai derajat integrasi antar-subbidang sebelum peneliti melakukan tinjauan literatur manual yang jauh lebih memakan waktu. Kerangka ini juga berpotensi diadaptasi oleh pengelola basis data sitasi untuk mengembangkan sistem klasifikasi subjek yang lebih granular pada topik teknologi interaktif berbasis AI, ketimbang mengandalkan kategori subjek besar yang saat ini masih terlalu umum untuk menangkap perbedaan riil antara representasi, kognisi, dan dampak.

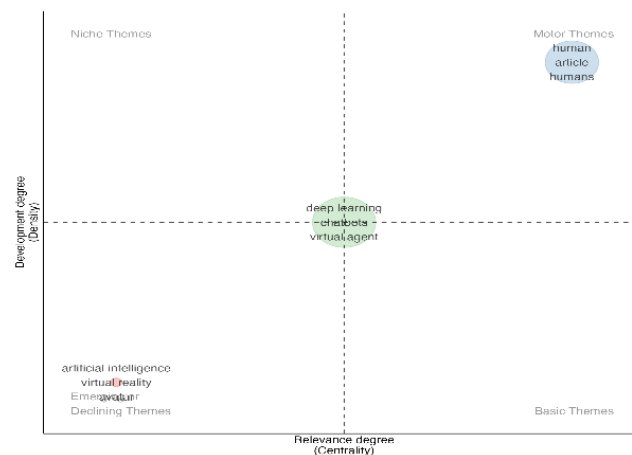
Tim riset yang ingin membangun sistem avatar AI yang utuh, menggabungkan rupa visual yang meyakinkan dengan kecerdasan percakapan yang kontekstual, perlu secara sadar menjembatani dua komunitas riset (grafis komputer dan NLP) yang literatur ini menunjukkan masih relatif berjalan sendiri-sendiri. Pengelola konferensi dan editor jurnal juga dapat mempertimbangkan pembentukan sesi atau edisi khusus yang secara eksplisit mengundang kontribusi lintas klaster ini, sebagai upaya mempercepat konvergensi antara komunitas riset yang

saat ini masih terpisah secara struktural. Pendana riset yang secara khusus ingin mendorong konvergensi lintas klaster ini juga dapat mempertimbangkan skema hibah kolaboratif yang mensyaratkan keterlibatan peneliti dari kedua komunitas sekaligus sebagai kriteria kelayakan proposal. Perusahaan teknologi yang mengembangkan produk avatar AI komersial juga dapat mempertimbangkan pembentukan tim riset dan pengembangan internal yang secara sengaja menggabungkan latar belakang grafis komputer dan NLP, ketimbang mengoperasikan kedua fungsi tersebut sebagai divisi yang terpisah.

Riset interdisipliner yang secara eksplisit menghubungkan desain visual avatar dengan arsitektur LLM di baliknya, misalnya bagaimana ekspresi wajah avatar seharusnya disinkronkan dengan nada emosional keluaran LLM, adalah arah yang tampak masih jarang berdasarkan struktur jaringan kata kunci ini. Studi lanjutan berbasis analisis ko-sitasi (co-citation analysis), berbeda dari ko-okurensi kata kunci yang dipakai pada bagian ini, juga dapat memverifikasi apakah pemisahan tiga klaster ini juga tercermin pada pola rujukan antarartikel, bukan hanya pada kemunculan kata kunci bersama. Perluasan analisis ko-okurensi dengan memasukkan kata kunci dari basis data tambahan seperti Web of Science juga dapat menguji apakah pemisahan tiga klaster ini konsisten lintas basis data, atau sebagian merupakan artefak dari kebijakan pengindeksan khas Scopus saja. Studi longitudinal yang melacak posisi tiga klaster ini dari tahun ke tahun, bukan hanya sebagai gambar statis dari keseluruhan periode 2021-2025, juga dapat menunjukkan apakah jarak struktural antarklaster ini mengecil atau justru melebar seiring waktu.

Peta Tematik: Sentralitas dan Kepadatan Klaster

Peta tematik (Gambar 7, kuadran sentralitas-kepadatan) menempatkan *human*, *article*, dan *humans* pada kuadran *motor themes* (tema mapan dengan sentralitas dan kepadatan tinggi), sementara *artificial intelligence*, *virtual reality*, dan *avatar*, meskipun merupakan kata kunci paling sering muncul secara keseluruhan (Gambar 9), justru berada pada kuadran tema yang sedang berkembang atau menurun (*emerging or declining themes*), dan *deep learning*, *chatbots*, serta *virtual agent* berada di titik tengah persimpangan kuadran. Posisi ini menghasilkan gambaran yang tampak kontradiktif jika hanya dilihat dari sisi frekuensi kata kunci semata, sehingga memerlukan penjelasan metodologis lebih lanjut pada paragraf berikut. Ketiadaan simpul pada kuadran niche themes (kiri atas) dan basic themes (kanan bawah) pada peta ini juga patut dicatat, karena mengindikasikan bahwa literatur avatar AI belum menghasilkan tema yang benar-benar terisolasi dan sangat spesifik maupun tema yang sangat umum namun kurang berkembang dalam jumlah yang signifikan pada rentang waktu pengamatan ini. Posisi *deep learning*, *chatbots*, dan *virtual agent* yang tepat berada di titik persimpangan keempat kuadran juga layak dicermati, karena menandakan bahwa ketiga istilah ini berada pada fase transisi, tidak sepenuhnya perifer namun juga belum sepenuhnya matang menjadi motor themes seperti klaster *human/article/humans*.



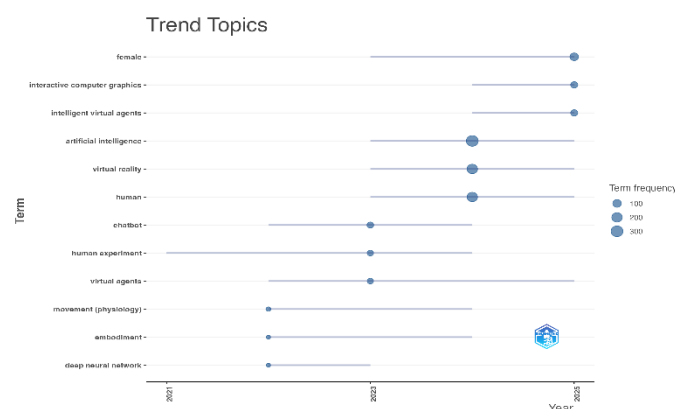
Gambar 7. Peta Tematik (Thematic Map) berdasarkan Sentralitas dan Kepadatan.



Gambar 8. Awan Kata (Word Cloud) Kata Kunci Dominan.

Posisi ini tampak kontradiktif pada pandangan pertama: bagaimana mungkin kata kunci paling dominan secara frekuensi (*artificial intelligence* muncul 183 kali sebagai kata kunci penulis, *virtual reality* 83 kali) justru diklasifikasikan sebagai tema perifer pada peta tematik? Ketidaksesuaian ini masuk akal begitu dipahami bahwa peta tematik Callon (yang mendasari thematic map pada Bibliometrix) mengukur sentralitas dan kepadatan struktural dalam jaringan ko-okurensi, bukan frekuensi mentah. Kata kunci yang sangat umum dan menjadi "kata payung" yang menghubungkan banyak subtopik kecil (seperti *artificial intelligence* atau *virtual reality*) justru bisa memiliki kepadatan internal rendah karena ia terhubung tipis ke banyak klaster kecil sekaligus, bukan terkonsentrasi kuat pada satu klaster kohesif. Sebagai pembandingan, klaster *human/article/humans* yang menempati kuadran motor themes justru memiliki jumlah simpul pendukung yang lebih sedikit namun saling terhubung jauh lebih padat satu sama lain, sebuah pola struktural yang persis menjelaskan mengapa kepadatan (*density*) klaster ini jauh lebih tinggi meski frekuensi kata kuncinya secara individual tidak sebesar "*artificial intelligence*".

Temuan ini menunjukkan bahwa "*artificial intelligence*" dan "*virtual reality*" dalam literatur ini berfungsi lebih sebagai kata kunci payung deskriptif ketimbang sebagai tema riset yang koheren dan matang. Sebaliknya, klaster *human/article/humans* yang menempati posisi *motor themes* mengindikasikan bahwa riset dengan desain eksperimental melibatkan subjek manusia (uji klinis, studi perilaku terkontrol) justru merupakan tema paling terstruktur dan saling terhubung erat dalam literatur ini, sebuah temuan yang selaras dengan analisis klaster biru pada Bagian Analisis tren topik dari waktu ke waktu (Gambar 8) memperkuat pola ini: istilah-istilah yang dominan pada 2021-2022 lebih bersifat fondasional dan berorientasi tubuh/gerak (*movement (physiology)*, *embodiment*, *deep neural network*), istilah pada 2023 mulai beragam ke arah interaksi (*chatbot*, *virtual agents*, *human experiment*), sementara istilah yang baru muncul kuat pada 2024-2025 mengarah ke aplikasi yang lebih spesifik dan sadar-demografi (*female*, *interactive computer graphics*, *intelligent virtual agents*). Pergeseran ini menunjukkan bidang avatar AI bergerak dari pertanyaan teknis dasar ("bagaimana membuat avatar bergerak realistis") menuju pertanyaan aplikatif yang lebih granular ("bagaimana avatar berperilaku sesuai konteks pengguna spesifik"), sebuah evolusi tematik yang wajar terjadi begitu fondasi teknis suatu bidang sudah cukup mapan dan perhatian peneliti mulai bergeser ke persoalan penerapan.

**Gambar 9.** Evolusi Tren Topik dari Waktu ke Waktu.

Temuan ini adalah ilustrasi konkret dari perbedaan antara ukuran frekuensi (seberapa sering sebuah istilah muncul) dan ukuran struktural (seberapa kohesif posisi istilah itu dalam jaringan), sebuah pembedaan metodologis yang sering luput dari kajian bibliometrik yang hanya melaporkan kata kunci paling sering muncul tanpa analisis jaringan lebih lanjut. Implikasi ini relevan tidak hanya bagi kajian avatar AI, tetapi juga bagi metodologi bibliometrik secara umum, karena menegaskan bahwa laporan frekuensi kata kunci semata, tanpa analisis struktur jaringan pendampingnya, berisiko menghasilkan kesimpulan yang keliru tentang tema mana yang sesungguhnya paling matang dalam suatu bidang. Pembedaan ini juga relevan bagi pengajaran metodologi penelitian, karena menunjukkan bahwa mahasiswa dan peneliti pemula perlu dilatih membaca dua jenis ukuran bibliometrik yang berbeda secara bersamaan, bukan mengandalkan salah satu saja sebagai representasi tunggal kematangan suatu tema. Prinsip yang sama juga berlaku pada evaluasi kebijakan riset nasional, di mana pengambil keputusan sebaiknya tidak semata mengandalkan hitungan jumlah publikasi pada suatu topik sebagai indikator kematangan bidang tersebut, tanpa memeriksa lebih jauh struktur keterkaitan konseptualnya.

Peneliti yang ingin mengklaim kebaruan topik sebaiknya tidak hanya melihat seberapa sering sebuah kata kunci muncul, tetapi juga seberapa terstrukturkah tema tersebut dalam peta tematik, kata kunci yang sering muncul namun berada pada kuadran perifer justru bisa menandakan ruang untuk kontribusi konseptual baru

yang mengonsolidasikan tema tersebut. Penyunting jurnal dan penyelenggara konferensi juga dapat memakai wawasan ini untuk menilai proposal riset atau naskah yang mengklaim topiknya "sudah jenuh diteliti" semata berdasarkan frekuensi kata kunci, tanpa mempertimbangkan bahwa kepadatan struktural tema tersebut mungkin justru masih rendah. Tim riset yang menyusun proposal hibah juga dapat memanfaatkan argumen struktural semacam ini untuk meyakinkan pemberi dana bahwa topik yang tampak umum seperti kecerdasan buatan atau realitas virtual sesungguhnya masih menawarkan ruang kontribusi konseptual yang belum banyak tergarap. Reviewer proposal riset dan naskah jurnal yang menilai orisinalitas suatu usulan penelitian juga dapat mempertimbangkan argumen struktural semacam ini sebagai salah satu kriteria, ketimbang menolak proposal semata karena topiknya memakai istilah umum seperti kecerdasan buatan atau realitas virtual.

Studi lanjutan yang secara khusus mengonsolidasikan "artificial intelligence" dan "virtual reality" sebagai tema inti yang lebih terstruktur, misalnya lewat kerangka konseptual yang eksplisit menghubungkan kedua istilah payung ini dengan sub-tema yang lebih spesifik, berpotensi mengisi kekosongan konseptual yang teridentifikasi pada peta tematik ini. Pembaruan peta tematik secara berkala, setidaknya setiap dua tahun mengingat kecepatan pertumbuhan bidang ini, juga disarankan untuk memantau apakah klaster-klaster yang saat ini berada pada kuadran emerging/declining berhasil bergeser menuju kuadran motor themes seiring waktu. Replikasi peta tematik ini dengan parameter pengelompokan klaster yang berbeda, misalnya menggunakan ambang batas ko-okurensi minimum yang lebih rendah, juga dapat menguji seberapa stabil posisi klaster-klaster ini terhadap pilihan parameter teknis pada perangkat lunak Bibliometrix. Perbandingan peta tematik topik avatar AI ini dengan peta tematik pada bidang yang sudah lebih matang, seperti riset interaksi manusia-komputer secara umum, juga dapat menjadi rujukan pembandingan untuk menilai seberapa jauh lagi bidang avatar AI perlu berkembang sebelum tema-tema utamanya bergeser sepenuhnya ke kuadran motor themes.

Evolusi Tren Topik dari Waktu ke Waktu

Grafik tren topik (Gambar 11) menampilkan istilah-istilah kunci pada sumbu vertikal dan rentang tahun kemunculannya pada sumbu horizontal, dengan ukuran lingkaran merepresentasikan frekuensi kemunculan istilah tersebut pada tahun puncaknya. Istilah yang muncul kuat pada rentang 2021-2022 bersifat fondasional dan berorientasi tubuh/gerak, yaitu *deep neural network*, *embodiment*, dan *movement (physiology)*. Istilah pada 2023 mulai bergeser ke arah interaksi, ditunjukkan oleh *human experiment*, *virtual agents*, dan *chatbot*, sementara istilah dengan lingkaran terbesar pada grafik ini, *human*, *virtual reality*, dan *artificial intelligence*, memuncak pada rentang 2023-2024. Istilah yang baru muncul kuat pada 2024-2025 mengarah ke aplikasi yang lebih spesifik, yaitu *intelligent virtual agents*, *interactive computer graphics*, dan *female*.

Tiga istilah dengan ukuran lingkaran terbesar pada grafik, *artificial intelligence*, *virtual reality*, dan *human*, seluruhnya memuncak pada rentang tahun yang sama, sekitar 2023-2024, menunjukkan bahwa periode ini adalah titik ketika ketiga istilah payung tersebut mencapai frekuensi kemunculan tahunan tertinggi sekaligus. Istilah-istilah dengan lingkaran lebih kecil seperti *chatbot*, *human experiment*, dan *virtual agents* memuncak lebih awal, pada 2023, sementara istilah-istilah paling baru seperti *female*, *interactive computer graphics*, dan *intelligent virtual agents* baru mencapai puncaknya mendekati 2025 dengan ukuran lingkaran yang relatif lebih kecil dibanding istilah-istilah payung. Garis horizontal pada setiap istilah dalam grafik ini juga menunjukkan rentang tahun kemunculannya secara keseluruhan, bukan hanya titik puncaknya, dan istilah-istilah yang muncul sejak 2021 seperti *deep neural network* dan *embodiment* menunjukkan garis rentang yang jauh lebih pendek, berhenti sekitar 2023, mengindikasikan istilah tersebut tidak lagi banyak dipakai pada dua tahun terakhir dataset. Pola durasi kemunculan yang bervariasi ini konsisten dengan hasil pemetaan tematik yang juga menunjukkan bahwa istilah-istilah teknis fondasional cenderung memiliki umur tematik yang lebih pendek dibanding istilah payung yang lebih umum.

Pergeseran istilah dari yang berorientasi mekanisme teknis dasar (2021-2022) menuju istilah yang berorientasi interaksi (2023) dan kemudian aplikasi granular (2024-2025) menggambarkan pola pematangan bidang yang wajar: penelitian pada tahap awal cenderung berfokus pada persoalan "bagaimana cara kerjanya", sementara penelitian pada tahap belakangan mulai bergeser ke persoalan "untuk siapa dan dalam konteks apa teknologi ini diterapkan". Kemunculan istilah *female* pada rentang tahun terakhir dataset ini menarik untuk dicermati, karena mengindikasikan bahwa penelitian mulai memperhatikan dimensi gender pengguna avatar AI, sebuah sudut pandang yang relatif jarang ditemukan pada gelombang riset awal yang lebih berfokus pada kemampuan teknis semata. Istilah *interactive computer graphics* yang juga baru muncul kuat pada 2024-2025 sekaligus menandakan bahwa perhatian riset mulai kembali ke persoalan representasi visual avatar setelah gelombang riset 2023 sempat lebih banyak berfokus pada kemampuan percakapan berbasis chatbot dan LLM, sebuah siklus perhatian yang bergantian antara dimensi visual dan dimensi kognitif avatar dari waktu ke waktu. Pola bergantian semacam ini juga dapat menjadi peringatan metodologis bagi peneliti yang menyimpulkan tren masa depan hanya dari data satu atau dua tahun terakhir saja, mengingat perhatian riset pada bidang ini terbukti dapat berayun kembali ke dimensi yang sebelumnya sempat mereda.

Pola evolusi topik pada grafik ini memberi bukti empiris bagi model siklus perhatian (attention cycle) dalam riset teknologi, di mana komunitas ilmiah cenderung bergantian memberi perhatian pada dimensi teknis dan dimensi aplikatif suatu teknologi, alih-alih mengembangkan keduanya secara paralel dan seimbang sepanjang waktu. Temuan ini juga menambah bukti bagi argumen bahwa evolusi tematik suatu bidang riset dapat dilacak secara kuantitatif melalui analisis tren kata kunci dari waktu ke waktu, sebuah pendekatan yang melengkapi analisis struktur jaringan statis seperti peta tematik. Bukti empiris ini juga memberi masukan bagi pengembangan model kuantitatif siklus perhatian yang lebih formal, yang saat ini masih lebih banyak dibahas secara konseptual ketimbang diuji dengan data time-series kata kunci yang sesungguhnya seperti pada penelitian ini. Temuan ini juga relevan bagi kajian sosiologi ilmu pengetahuan yang lebih luas, karena menunjukkan bahwa perhatian komunitas ilmiah terhadap suatu teknologi baru jarang berkembang secara linear dan seimbang, melainkan cenderung berayun mengikuti isu atau terobosan teknis yang sedang menonjol pada periode tertentu.

Peneliti yang ingin mengidentifikasi celah riset yang relevan secara kekinian dapat menggunakan pola pada Gambar 11 sebagai panduan, dengan memperhatikan istilah-istilah yang baru muncul pada 2024-2025 seperti *intelligent virtual agents* dan *interactive computer graphics* sebagai sinyal arah yang sedang diminati komunitas ilmiah saat ini. Pengelola hibah riset dan program studi lanjut juga dapat memakai pola pergeseran topik ini untuk menyesuaikan prioritas pendanaan dan kurikulum, mengingat topik yang relevan pada 2021 belum tentu masih menjadi prioritas riset yang sama pada 2025. Tim pemasaran produk avatar AI komersial juga dapat memanfaatkan pola pergeseran topik ini untuk menyesuaikan narasi produk mereka dengan minat riset dan wacana publik yang sedang berkembang pada periode peluncuran produk. Lembaga think tank kebijakan teknologi juga dapat memakai pola pergeseran topik ini sebagai salah satu masukan dalam menyusun peta jalan riset dan investasi jangka menengah pada bidang kecerdasan buatan generatif secara lebih luas, tidak terbatas pada avatar semata.

Pembaruan grafik tren topik ini secara berkala, idealnya setiap tahun mengingat kecepatan pertumbuhan bidang ini, akan membantu memvalidasi apakah pola pergeseran perhatian dari dimensi teknis ke dimensi aplikatif ini terus berlanjut pada 2026 dan seterusnya. Studi lanjutan juga dapat menyelidiki lebih jauh apakah kemunculan istilah *female* pada tren terbaru ini mencerminkan penelitian substantif tentang perbedaan gender dalam persepsi dan interaksi dengan avatar AI, atau semata artefak dari desain sampel penelitian yang melibatkan subjek perempuan tanpa analisis gender yang mendalam. Analisis lanjutan yang menghubungkan tren topik ini dengan data eksternal seperti jumlah unduhan aplikasi avatar AI komersial atau volume pencarian publik terkait istilah yang sama juga dapat menguji apakah pergeseran perhatian akademik ini sejalan dengan pergeseran minat masyarakat umum. Perbandingan lintas-bahasa juga dapat dipertimbangkan pada studi lanjutan, mengingat penelitian ini hanya mencakup artikel berbahasa Inggris, sehingga pola tren topik pada literatur berbahasa lain berpotensi menunjukkan gambaran yang sedikit berbeda.

Awan Kata Kunci Dominan

Awan kata (Gambar 12) menampilkan seluruh kata kunci dalam dataset dengan ukuran huruf yang proporsional terhadap frekuensi kemunculannya, dan "artificial intelligence" tampil sebagai istilah dengan ukuran huruf terbesar, diikuti oleh "virtual reality", "human", "article", dan "humans" sebagai istilah dengan ukuran huruf terbesar berikutnya. Istilah "deep learning", "avatar", "machine learning", dan "chatbots" tampil dengan ukuran sedang, menunjukkan frekuensi yang cukup tinggi meski tidak setinggi lima istilah teratas. Istilah-istilah dengan ukuran huruf lebih kecil, seperti "digital twin", "robotics", "e-learning", dan "adversarial machine learning", tersebar di sekeliling istilah-istilah dominan, mencerminkan keragaman subtema yang lebih spesifik dalam literatur ini. Perbandingan visual ini secara keseluruhan menegaskan pola yang sama dengan yang ditemukan pada analisis frekuensi kata kunci penulis, meski awan kata ini turut memasukkan istilah kata kunci indeks tambahan yang tidak selalu muncul pada daftar kata kunci penulis.

Dominasi visual "artificial intelligence" dan "virtual reality" pada awan kata ini konsisten dengan data numerik, yang mencatat bahwa "artificial intelligence" muncul 183 kali dan "virtual reality" 83 kali sebagai kata kunci penulis. Kemunculan istilah generik seperti "article", "human", dan "humans" dengan ukuran huruf yang besar, sejajar dengan istilah substantif seperti "artificial intelligence", juga konsisten dengan temuan pada tentang klaster biru yang merupakan artefak konvensi pengindeksan Scopus bergaya Emtree/Medline. Istilah-istilah yang lebih kecil namun tetap terlihat pada awan kata ini, seperti "large language model", "reinforcement learning", dan "intelligent virtual agents", menunjukkan bahwa meski belum sebesar istilah payung utama, istilah-istilah spesifik terkait AI generatif dan agen otonom sudah cukup mapan kehadirannya dalam kosakata bidang ini. Warna-warna berbeda yang dipakai pada setiap istilah dalam awan kata ini murni berfungsi estetis untuk membedakan istilah satu sama lain secara visual, tanpa mengandung makna kategori atau klaster tertentu sebagaimana warna pada peta jaringan ko-okurensi di Gambar 4.

Awan kata ini secara visual meringkas apa yang sudah dibahas lebih rinci secara kuantitatif, dan fungsinya di sini lebih sebagai alat komunikasi cepat kepada pembaca tentang gambaran umum kosakata dominan bidang ini, ketimbang sebagai sumber temuan analitis baru. Namun demikian, penempatan berdampingan antara istilah substantif ("artificial intelligence", "virtual reality") dan istilah generik pengindeksan ("article", "human") pada ukuran huruf yang hampir setara kembali menegaskan poin penting: frekuensi kemunculan kata kunci semata tidak selalu mencerminkan kematangan atau kekhususan tema tersebut secara struktural. Keberagaman istilah kecil yang tersebar di sekeliling istilah-istilah dominan pada awan kata ini juga menjadi representasi visual yang baik untuk menggambarkan sifat lintas-disiplin bidang avatar AI, yang mencakup mulai dari istilah rekayasa grafis hingga istilah klinis dan istilah pemrosesan bahasa alami dalam satu kosakata bersama. Perbedaan mencolok antara ukuran huruf istilah dominan dan istilah periferi pada awan kata ini juga secara visual menegaskan pola konsentrasi tematik yang sama dengan yang ditemukan pada analisis hukum Bradford terhadap sebaran jurnal, meski keduanya mengukur dimensi konsentrasi yang berbeda.

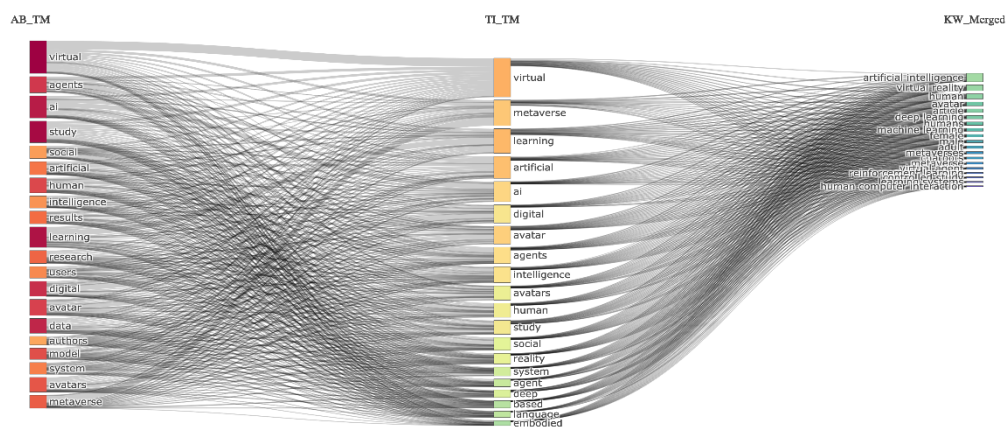
Kesesuaian antara pola visual pada awan kata dan pola kuantitatif pada analisis frekuensi kata kunci menjadi bentuk triangulasi metodologis sederhana yang memperkuat keandalan kedua jenis analisis tersebut. Ini menunjukkan bahwa visualisasi deskriptif seperti awan kata, meski sering dianggap sekadar alat presentasi, tetap dapat berfungsi sebagai pemeriksaan konsistensi awal (sanity check) terhadap hasil analisis kuantitatif yang lebih kompleks. Prinsip triangulasi semacam ini juga berlaku secara lebih luas pada kajian ilmu sosial dan sains data, di mana kombinasi visualisasi deskriptif sederhana dengan analisis statistik yang lebih kompleks umumnya menghasilkan interpretasi yang lebih kredibel dibanding mengandalkan satu jenis analisis saja. Nilai pedagogis dari kesesuaian dua metode ini juga tidak boleh diremehkan, karena memudahkan penjelasan hasil bibliometrik kepada pemangku kepentingan yang tidak familiar dengan istilah teknis seperti sentralitas atau kepadatan kluster.

Bagi penulis yang menyusun presentasi atau laporan ringkas tentang lanskap penelitian avatar AI kepada khalayak nonteknis, awan kata pada Gambar 9 dapat dipakai sebagai alat komunikasi visual awal yang mudah dipahami sebelum masuk ke analisis jaringan yang lebih rinci. Pengajar yang memperkenalkan mahasiswa baru pada bidang riset ini juga dapat memakai visualisasi semacam ini sebagai titik masuk yang ramah pemula, sebelum mahasiswa mempelajari kompleksitas analisis jaringan ko-okurensi dan peta tematik yang dibahas pada bagian-bagian sebelumnya. Pengelola media sosial akademik atau buletin riset institusi juga dapat memanfaatkan visualisasi semacam ini untuk menyusun konten populer yang merangkum tren riset terkini kepada audiens yang lebih luas di luar komunitas akademik. Tim hubungan masyarakat universitas yang ingin mempromosikan capaian riset dosennya pada topik avatar AI juga dapat memanfaatkan visualisasi semacam ini sebagai elemen visual pendukung pada rilis berita atau laporan tahunan institusi.

Pembandingan awan kata pada dataset ini dengan awan kata dari kajian bibliometrik topik AI lain yang berdekatan, seperti robotika sosial atau interaksi manusia-komputer secara umum, dapat membantu mengidentifikasi kosakata mana yang unik bagi bidang avatar AI dan kosakata mana yang sesungguhnya dibagi bersama banyak bidang riset AI lainnya. Studi lanjutan juga dapat membuat awan kata terpisah untuk setiap rentang tahun (misalnya per dua tahun) guna memvisualisasikan secara langsung pergeseran kosakata dominan yang sudah dibahas lebih rinci. Eksperimen visualisasi lanjutan yang memisahkan awan kata berdasarkan kluster tematik yang sudah teridentifikasi, ketimbang menggabungkan seluruh kata kunci dalam satu visualisasi tunggal, juga berpotensi memberi gambaran yang lebih tajam tentang kosakata khas masing-masing kluster. Pengembangan alat bantu visualisasi interaktif, yang memungkinkan pembaca memfilter awan kata berdasarkan rentang tahun atau kluster tematik secara mandiri, juga menjadi arah pengembangan yang berguna bagi diseminasi hasil kajian bibliometrik semacam ini kepada khalayak yang lebih luas.

Diagram Sankey Tiga-Bidang: Konsistensi Terminologi

Diagram Sankey tiga-bidang (Gambar 10), yang menghubungkan istilah dominan pada abstrak (AB_TM), istilah dominan pada judul (TI_TM), dan kata kunci gabungan (KW_Merged), menunjukkan bahwa istilah seperti "virtual", "artificial", "learning", "avatar", dan "metaverse" secara konsisten muncul di ketiga bidang metadata tersebut. Pola aliran pada diagram ini menunjukkan bahwa istilah pada bidang judul cenderung memiliki hubungan yang lebih terkonsentrasi dengan kata kunci gabungan dibanding hubungan antara istilah abstrak dengan judul, yang tampak lebih menyebar dan lebih banyak bersilangan. Diagram ini melengkapi analisis ko-okurensi kata kunci dengan menambahkan dimensi lokasi metadata, memperlihatkan tidak hanya kata kunci apa saja yang berdekatan satu sama lain, tetapi juga di bagian dokumen mana istilah-istilah tersebut paling sering muncul. Ukuran lebar pita penghubung pada diagram Sankey ini secara proporsional mencerminkan frekuensi ko-kemunculan istilah, sehingga pita yang lebih lebar menandakan pasangan istilah yang lebih sering muncul bersamaan dalam satu dokumen yang sama.



Gambar 10. Diagram Sankey Tiga-Bidang (Abstrak - Judul - Kata Kunci).

Istilah "virtual" pada bidang abstrak (AB_TM) menunjukkan garis penghubung paling tebal ke berbagai istilah pada bidang judul, termasuk "virtual" itu sendiri, "metaverse", dan "learning", mengindikasikan bahwa istilah ini menjadi salah satu penanda tematik paling konsisten di seluruh dataset. Istilah-istilah pada bidang kata kunci gabungan (KW_Merged) di sisi kanan diagram, seperti "artificial intelligence", "virtual reality", dan "human", juga menunjukkan pola aliran yang menerima kontribusi dari banyak istilah abstrak dan judul sekaligus, menandakan bahwa proses normalisasi kata kunci pada tahap pengolahan data berhasil mengonsolidasikan variasi istilah yang berbeda-beda menjadi kategori kata kunci yang lebih baku dan konsisten. Sebaliknya, istilah-istilah yang lebih spesifik seperti "embodied" dan "language" pada bidang judul menunjukkan garis penghubung yang jauh lebih tipis, mengindikasikan bahwa istilah tersebut memang jarang muncul dibanding istilah payung seperti "virtual" atau "learning". Jumlah cabang yang keluar dari simpul "virtual" pada bidang abstrak juga tampak lebih banyak dibanding jumlah cabang pada simpul-simpul lain di bidang yang sama, menegaskan posisinya sebagai istilah penghubung paling sentral di antara ketiga lapisan metadata yang dianalisis.

Konsistensi terminologi antara abstrak, judul, dan kata kunci yang ditunjukkan diagram ini memberi validasi tambahan bahwa strategi pencarian Boolean pada penelitian ini berhasil menjaring dokumen yang secara substantif relevan dengan topik avatar digital berbasis AI, bukan dokumen yang hanya menyebut istilah terkait secara sekilas tanpa keterkaitan tematik yang kuat. Pola ini juga memperkuat validitas hasil analisis ko-okurensi kata kunci, karena menunjukkan bahwa kata kunci yang dianalisis pada bagian tersebut memang mencerminkan konten substantif dokumen, bukan sekadar metadata yang ditempelkan secara longgar oleh basis data Scopus. Diagram ini secara tidak langsung juga berfungsi sebagai bentuk validasi kualitas dataset penelitian, melengkapi prosedur validasi silang antarfile CSV yang sudah dijelaskan pada bagian metode. Diagram semacam ini juga dapat dipakai sebagai alat komunikasi kepada pembaca awam tentang bagaimana proses normalisasi dan pembersihan data bibliometrik bekerja, sesuatu yang biasanya tersembunyi di balik tabel dan grafik hasil akhir semata.

Diagram ini menawarkan contoh konkret bagaimana analisis konsistensi metadata lintas-bidang (abstrak, judul, kata kunci) dapat dipakai sebagai bentuk validasi metodologis dalam penelitian bibliometrik, melengkapi ukuran validitas konvensional seperti kesesuaian model statistik pada hukum Bradford atau Lotka. Pendekatan tiga-bidang semacam ini juga menambah perangkat metodologis yang tersedia bagi peneliti bibliometrik untuk memeriksa apakah strategi pencarian yang mereka gunakan benar-benar menjaring dokumen yang relevan secara substantif, bukan hanya relevan secara leksikal semata. Pendekatan ini juga berkontribusi pada perdebatan metodologis yang lebih luas tentang bagaimana peneliti bibliometrik dapat menunjukkan validitas konten strategi pencarian mereka secara visual, bukan hanya melalui deskripsi tekstual pada bagian metode. Pendekatan ini juga dapat diperluas menjadi standar pelaporan tambahan bagi jurnal-jurnal yang menerbitkan kajian bibliometrik, mendorong penulis menyertakan bukti visual konsistensi metadata semacam ini sebagai bagian dari lampiran metodologis naskah.

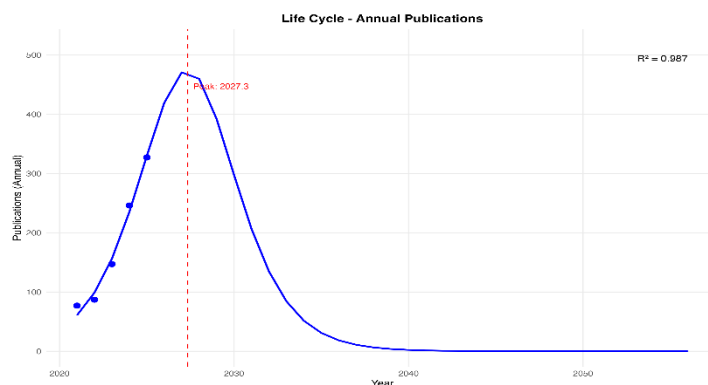
Peneliti yang ingin mereplikasi atau memperluas strategi pencarian Boolean pada penelitian ini dapat menggunakan pola konsistensi terminologi pada Gambar 10 sebagai panduan awal untuk menyusun daftar istilah pencarian tambahan yang relevan, khususnya istilah-istilah pada bidang KW_Merged yang menunjukkan aliran hubungan terkuat dengan istilah abstrak dan judul. Pengembang basis data bibliometrik internal di

institusi riset juga dapat mengadaptasi pendekatan diagram Sankey tiga-bidang semacam ini untuk memeriksa konsistensi metadata pada koleksi dokumen riset mereka sendiri sebelum melakukan analisis bibliometrik lebih lanjut. Pengulas naskah atau editor jurnal yang mengevaluasi kajian bibliometrik lain juga dapat mempertimbangkan permintaan diagram serupa sebagai salah satu bentuk bukti validitas strategi pencarian yang dipakai penulis naskah tersebut. Penyelenggara pelatihan metodologi bibliometrik bagi mahasiswa pascasarjana juga dapat memasukkan teknik visualisasi Sankey tiga-bidang ini sebagai salah satu modul praktik, mengingat kegunaannya yang relatif sederhana namun informatif untuk memeriksa kualitas dataset penelitian.

Studi lanjutan dapat membandingkan pola konsistensi terminologi pada dataset avatar AI ini dengan pola pada dataset bibliometrik topik lain untuk menguji apakah tingkat konsistensi yang ditemukan di sini tergolong tinggi atau biasa saja secara relatif. Pengembangan indikator kuantitatif baku untuk mengukur tingkat konsistensi terminologi lintas-bidang metadata, yang saat ini masih dibaca secara kualitatif dari pola visual diagram Sankey, juga menjadi arah metodologis yang berguna untuk dikembangkan pada penelitian bibliometrik mendatang. Penerapan teknik serupa pada metadata tambahan seperti afiliasi penulis atau sumber pendanaan, bukan hanya abstrak-judul-kata kunci, juga berpotensi mengungkap pola konsistensi tematik lain yang belum tercakup pada analisis penelitian ini. Perbandingan diagram Sankey ini dari waktu ke waktu, misalnya membaginya menjadi periode 2021-2023 dan 2024-2025, juga dapat mengungkap apakah tingkat konsistensi terminologi berubah seiring pertumbuhan pesat volume publikasi pada dua tahun terakhir.

Model Siklus Hidup dan Proyeksi Pertumbuhan

Model siklus hidup topik (Gambar 11) yang difitkan pada lima titik data aktual (2021-2025) memproyeksikan puncak produksi tahunan sekitar tahun 2027,3 dengan kesesuaian model yang sangat tinggi ($R^2 = 0,987$), diikuti proyeksi penurunan tajam menuju mendekati nol pada dekade 2040-an. Bentuk kurva pada model ini menyerupai kurva difusi inovasi klasik, dengan fase pertumbuhan cepat, puncak, dan penurunan bertahap, meski perlu ditegaskan kembali bahwa bentuk kurva ini adalah hasil ekstrapolasi matematis, bukan pengamatan langsung. Titik data aktual pada grafik, yang ditandai lingkaran biru pada rentang 2021-2025, seluruhnya berada pada fase menaik kurva, sehingga fase puncak dan penurunan yang digambarkan setelahnya sepenuhnya merupakan proyeksi model, bukan bagian dari pengamatan yang sudah terjadi. Sumbu horizontal grafik yang membentang hingga pertengahan abad ini, jauh melampaui rentang data aktual, juga secara visual mengingatkan pembaca bahwa sebagian besar kurva pada Gambar 11 adalah wilayah ekstrapolasi, bukan wilayah pengamatan.



Gambar 11. Model Siklus Hidup Publikasi Tahunan (Life Cycle Model).

Model ini konsisten arahnya dengan kurva pertumbuhan kumulatif (Gambar 7), yang memproyeksikan bidang riset ini mencapai 90% dari total publikasi kumulatifnya sekitar akhir dekade 2020-an dan mendekati saturasi (99%) pada pertengahan dekade 2030-an. Kedua model, baik model siklus hidup tahunan pada Gambar 6 maupun model kumulatif pada Gambar 7, dibangun dari titik data historis yang sama (2021-2025) namun menampilkan bentuk visual yang berbeda: Gambar 6 menampilkan laju produksi tahunan yang naik lalu turun, sementara Gambar 7 menampilkan akumulasi total yang terus naik hingga melandai mendekati titik jenuh. Konsistensi arah proyeksi antara dua representasi visual yang berbeda ini menambah keyakinan bahwa pola pertumbuhan-penurunan yang diproyeksikan bukan artefak dari satu jenis pemodelan tertentu saja. Kesesuaian model yang sangat tinggi pada kedua representasi ini, dengan R^2 masing-masing 0,987 dan mendekati 1 untuk model kumulatif, sebagian besar disebabkan oleh kesederhanaan pola data historis yang hanya terdiri dari lima titik dan cenderung mudah difitkan oleh berbagai bentuk fungsi matematis, bukan semata bukti kekuatan prediktif model itu sendiri.

Proyeksi ini perlu dibaca dengan kehati-hatian metodologis yang eksplisit. Model kurva-S atau kurva pertumbuhan-penurunan semacam ini, betapapun tingginya nilai R^2 pada data yang tersedia, dibangun hanya

dari lima titik data tahunan aktual (2021-2025). Kesesuaian statistik yang tinggi pada data historis tidak menjamin akurasi ekstrapolasi dua dekade ke depan, terutama untuk bidang yang perkembangannya sangat bergantung pada terobosan teknologi eksternal, seperti kemunculan generasi LLM baru, yang sulit diprediksi oleh model matematis semata. Proyeksi puncak 2027 karena itu sebaiknya dibaca sebagai skenario ekstrapolatif berbasis pola pertumbuhan saat ini, bukan sebagai prediksi definitif, mengingat lima titik data jauh lebih sedikit dibanding jumlah parameter yang lazim dibutuhkan untuk memvalidasi model pertumbuhan jangka panjang secara meyakinkan.

Temuan ini mengingatkan pentingnya membedakan antara *goodness of fit* pada data historis dan validitas prediktif untuk ekstrapolasi jangka panjang, sebuah isu metodologis umum pada model pertumbuhan bibliometrik berbasis data time-series pendek. Isu ini relevan secara lebih luas bagi seluruh kajian bibliometrik yang menggunakan model proyeksi pertumbuhan, tidak terbatas pada topik avatar AI saja, dan menegaskan perlunya kehati-hatian standar dalam melaporkan hasil model semacam ini kepada khalayak nonteknis yang mungkin membaca R^2 tinggi sebagai jaminan akurasi prediksi. Model siklus hidup semacam ini juga menambah bukti bagi teori difusi inovasi Rogers, yang memprediksi bahwa adopsi teknologi baru pada umumnya mengikuti pola kurva-S sebelum akhirnya melambat setelah pasar atau komunitas penerima mencapai titik jenuh. Kesadaran metodologis semacam ini penting ditanamkan sejak tahap pelatihan peneliti bibliometrik pemula, mengingat godaan untuk menyajikan angka R^2 yang tinggi sebagai bukti akurasi prediksi sering kali mengaburkan keterbatasan mendasar dari jumlah titik data yang tersedia.

Pembuat kebijakan riset dan pendana yang mempertimbangkan investasi jangka panjang pada topik avatar AI sebaiknya tidak menjadikan proyeksi puncak 2027 sebagai dasar tunggal pengambilan keputusan, melainkan memperbarui model ini secara berkala seiring bertambahnya data aktual pada tahun-tahun mendatang. Lembaga think tank atau unit riset kebijakan yang menggunakan proyeksi semacam ini dalam laporan strategis sebaiknya secara eksplisit mencantumkan batasan metodologis model, agar pembaca laporan tidak salah menafsirkan proyeksi sebagai kepastian. Mahasiswa yang mempertimbangkan topik disertasi jangka panjang pada bidang ini juga sebaiknya memperhitungkan kemungkinan pergeseran perhatian komunitas ilmiah setelah 2027, meski hal itu tidak berarti topik avatar AI akan kehilangan relevansi praktisnya di luar dunia akademik. Redaksi media populer yang mengutip proyeksi semacam ini dalam liputan tentang masa depan teknologi avatar AI juga perlu berhati-hati menyampaikan angka tahun puncak sebagai perkiraan berbasis model, bukan sebagai fakta yang sudah pasti akan terjadi.

Pembaruan model siklus hidup ini pada 2027-2028, ketika data aktual untuk tahun-tahun tersebut sudah tersedia, akan memberi uji validasi nyata terhadap proyeksi yang dihasilkan penelitian ini. Studi lanjutan juga dapat membandingkan model siklus hidup pada bidang avatar AI ini dengan pola siklus hidup topik teknologi serupa yang sudah melewati fase puncaknya, seperti topik metaverse itu sendiri, untuk menguji apakah pola difusi-penurunan yang diproyeksikan pada penelitian ini konsisten dengan pola historis pada topik teknologi sejenis. Eksperimen pemodelan lanjutan yang membandingkan beberapa fungsi kurva pertumbuhan berbeda, tidak hanya model tunggal yang dipakai pada penelitian ini, juga dapat menguji seberapa sensitif proyeksi puncak 2027 terhadap pilihan bentuk fungsi matematis yang digunakan. Pengembangan model gabungan yang menggabungkan data bibliometrik historis dengan indikator eksternal, seperti investasi modal ventura pada perusahaan avatar AI atau jumlah paten yang didaftarkan, juga berpotensi menghasilkan proyeksi yang lebih robust dibanding model yang semata mengandalkan data jumlah publikasi historis.

Secara keseluruhan, temuan pada penelitian ini menggambarkan sebuah bidang riset yang sedang berada di fase pertumbuhan aktif namun belum terkonsolidasi secara konseptual. Tiga baris bukti mengarah pada kesimpulan yang sama. Pertama, pola pertumbuhan publikasi yang melonjak tajam pasca-2022 menunjukkan bidang ini didorong kuat oleh ketersediaan teknologi generatif, bukan oleh pematangan teori internal, sebuah pola yang oleh Górriz et al. (2023) juga diamati pada literatur AI yang lebih luas, di mana volume publikasi sering mendahului konsolidasi kerangka teoretis. Kedua, koefisien beta hukum Lotka yang lebih tinggi dari nilai klasik menunjukkan komunitas penulis yang sangat cair, didominasi kontributor satu kali, konsisten dengan bidang yang menarik peneliti lintas disiplin secara oportunistik ketimbang membangun kelompok riset khusus yang stabil. Ketiga, dan mungkin yang paling substantif, struktur jaringan ko-okurensi kata kunci dan peta tematik sama-sama menunjukkan fragmentasi antara tiga komunitas riset, teknologi imersif, kecerdasan buatan percakapan, dan penelitian klinis manusia, yang berjalan relatif paralel tanpa titik temu konseptual yang kuat.

Fragmentasi ini penting untuk dipahami dalam konteks perkembangan teknologi avatar sesungguhnya. Secara teknis, avatar digital generasi terbaru pada dunia industri (seperti yang dijelaskan pada paten dan produk komersial semacam sistem avatar berbasis persona AI) justru dirancang untuk menyatukan representasi visual dengan kecerdasan generatif dalam satu sistem terpadu, sebuah avatar yang tampak meyakinkan sekaligus bernalar secara kontekstual. Namun literatur akademik yang dipetakan pada penelitian ini menunjukkan bahwa riset tentang "bagaimana avatar terlihat" (klaster grafis komputer dan virtual reality) dan riset tentang

"bagaimana avatar bernalar" (klaster LLM dan agen percakapan) masih sebagian besar dikerjakan oleh komunitas peneliti yang berbeda, dengan tumpang tindih terbatas. Studi Song dan Shin (2024) tentang efek *uncanny valley* pada kepercayaan pengguna terhadap chatbot dengan tingkat familiaritas avatar yang berbeda adalah salah satu dari sedikit contoh yang secara eksplisit menjembatani kedua dimensi ini, dan justru menjadi salah satu artikel dengan sitasi tinggi pada rentang 2024 (212 sitasi), mengindikasikan permintaan literatur terhadap riset yang mengintegrasikan kedua dimensi tersebut cukup besar meski pasokannya masih terbatas.

Pola dominasi klaster "human/humans/article/female/male/adult" sebagai *motor theme* juga layak mendapat perhatian lebih. Pada pandangan pertama, klaster ini tampak seperti artefak pengindeksan belaka, istilah generik yang muncul otomatis dari basis data karena banyak artikel dalam dataset melibatkan subjek manusia dalam desain eksperimennya, misalnya studi psikologi tentang persepsi avatar, atau studi klinis tentang neuroprostetik yang melibatkan kontrol avatar seperti Metzger et al. (2023). Namun posisi klaster ini sebagai tema paling terstruktur dalam jaringan juga bisa dibaca secara lebih substantif: ia menandakan bahwa penelitian yang paling matang secara metodologis dalam bidang avatar AI justru penelitian yang melibatkan pengujian empiris langsung terhadap manusia, bukan penelitian yang murni bersifat rekayasa sistem atau survei konseptual. Ini konsisten dengan pengamatan Harris-Watson et al. (2023) bahwa persepsi kehangatan (*warmth*) dan kompetensi terhadap rekan kerja berbasis AI sangat menentukan penerimaan pengguna, sebuah dimensi yang hanya bisa diukur lewat desain eksperimental yang melibatkan partisipasi manusia secara langsung, bukan lewat analisis performa teknis semata.

Temuan tentang dominasi Amerika Serikat dan Tiongkok juga perlu didiskusikan dalam konteks yang lebih luas dari sekadar angka produktivitas. Baabdullah et al. (2022) menunjukkan bahwa penerimaan chatbot berbasis AI sangat dipengaruhi oleh konteks budaya dan pengalaman aliran (*flow experience*) pengguna, yang berarti temuan-temuan dari dua negara dominan ini belum tentu bisa digeneralisasi secara langsung ke konteks budaya lain, termasuk konteks Asia Tenggara. Kesenjangan representasi geografis ini sejalan dengan pola umum yang dikritik pada literatur AI global, dan menjadi salah satu argumen kuat mengapa riset avatar AI dengan konteks lokal, bahasa daerah, norma budaya interaksi, kebutuhan aksesibilitas spesifik, masih menjadi ruang kontribusi yang relatif terbuka, sebagaimana disinggung pada implikasi praktis.

Dari sisi aplikasi, penelitian ini menemukan bahwa konteks pemasaran dan bisnis (avatar marketing, virtual influencer, chatbot layanan pelanggan) muncul cukup kuat pada daftar artikel paling berpengaruh (Tabel 5), sejajar dengan konteks kesehatan dan metaverse. Studi Kim et al. (2024) tentang pemasaran melalui *virtual influencer* dan Allal-Chérif et al. (2024) tentang bagaimana pengaruh virtual berbasis AI mampu mengungguli pengaruh manusia dalam metrik keterlibatan tertentu menandakan bahwa dimensi komersial avatar AI berkembang lebih cepat dari yang mungkin diasumsikan hanya dengan melihat dominasi klaster teknis pada jaringan kata kunci. Ini melengkapi gambaran bahwa penelitian avatar AI bukan monolit tunggal yang didorong oleh satu motivasi, misalnya semata kemajuan teknis, melainkan ekosistem riset yang didorong oleh kebutuhan aplikatif yang beragam, kesehatan, pendidikan, komersial, dan hiburan, masing-masing dengan komunitas dan bahasa keilmuannya sendiri.

Menariknya, meski klaster teknologi imersif (virtual reality, metaverse, avatar) menempati posisi tematik yang secara struktural belum matang, volume publikasi pada klaster ini tetap besar dan terus tumbuh (Gambar 11). Kontradiksi tampak ini sebenarnya cukup masuk akal untuk bidang yang sedang dalam fase eksplorasi cepat: banyak artikel diterbitkan, tetapi belum banyak yang berhasil mengonsolidasikan sub-tema menjadi kerangka yang benar-benar kohesif dan saling merujuk secara padat. Fenomena serupa pernah teramati pada tahap awal perkembangan riset metaverse sendiri sebelum istilah itu terkonsolidasi menjadi bidang kajian yang lebih terstruktur (Lee et al., 2024).

Simpulan

Penelitian ini memetakan struktur keilmuan 884 artikel jurnal terindeks Scopus tentang avatar digital berbasis kecerdasan buatan pada periode 2021-2025. Tiga simpulan utama dapat ditarik. Pertama, bidang ini mengalami pertumbuhan publikasi yang dipercepat secara nyata pasca-peluncuran ChatGPT pada akhir 2022, dengan lonjakan terbesar terjadi pada rentang 2022-2024, menandakan bahwa perkembangan riset pada topik ini sangat responsif terhadap ketersediaan teknologi generatif baru. Kedua, produktivitas ilmiah terkonsentrasi pada segelintir jurnal inti (terutama IEEE Access dan IEEE TVCG) dan didominasi oleh negara dengan kapasitas komputasi besar (Amerika Serikat dan Tiongkok), sementara populasi penulisnya sangat cair dan terfragmentasi, mengindikasikan bidang yang masih dalam tahap eksplorasi awal ketimbang konsolidasi. Ketiga, struktur tematik literatur ini terbelah menjadi tiga komunitas riset yang relatif berjalan sendiri-sendiri, teknologi imersif, kecerdasan buatan percakapan, dan penelitian eksperimental manusia, dengan titik temu konseptual yang masih terbatas antara representasi visual avatar dan kecerdasan generatif di baliknya.

References

- Ali, S., Abdullah, Armand, T. P. T., Athar, A., Hussain, A., Ali, M., Yaseen, M., Joo, M.-I., & Kim, H.-C. (2023). Metaverse in healthcare integrated with explainable AI and blockchain: Enabling immersiveness, ensuring trust, and providing patient data security. *Sensors*, 23(2), 565. <https://doi.org/10.3390/s23020565>
- Allal-Chérif, O., Puertas, R., & Carracedo, P. (2024). Intelligent influencer marketing: How AI-powered virtual influencers outperform human influencers. *Technological Forecasting and Social Change*, 200, 123113. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123113>
- 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/10.1109/ACCESS.2022.3169285>
- Aria, M., & Cuccurullo, C. (2017). bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, 11(4), 959-975. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007>
- Baabdullah, A. M., Alalwan, A. A., Algharabat, R. S., Metri, B., & Rana, N. P. (2022). Virtual agents and flow experience: An empirical examination of AI-powered chatbots. *Technological Forecasting and Social Change*, 181, 121772. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121772>
- Bradford, S. C. (1934). Sources of information on specific subjects. *Engineering*, 137, 85-86.
- Cai, D., Li, H., & Law, R. (2022). Anthropomorphism and OTA chatbot adoption: A mixed methods study. *Journal of Travel & Tourism Marketing*, 39(2), 228-255. <https://doi.org/10.1080/10548408.2022.2061672>
- Crolic, C., Thomaz, F., Hadi, R., & Stephen, A. T. (2022). Blame the bot: Anthropomorphism and anger in customer-chatbot interactions. *Journal of Marketing*, 86(1), 132-148. <https://doi.org/10.1177/00222429211045687>
- Dai, C.-P., & Ke, F. (2022). Educational applications of artificial intelligence in simulation-based learning: A systematic mapping review. *Computers & Education: Artificial Intelligence*, 3, 100087. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2022.100087>
- Davis, R. O., Park, T., & Vincent, J. (2023). A meta-analytic review on embodied pedagogical agent design and testing formats. *Journal of Educational Computing Research*. <https://doi.org/10.1177/07356331221100556>
- Dong, Y., Jiang, X., Jin, Z., & Li, G. (2024). Self-collaboration code generation via ChatGPT. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*, 33(7). <https://doi.org/10.1145/3672459>
- Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Lim, W. M. (2021). How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133, 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
- Górriz, J. M., Álvarez-Illán, I., Álvarez-Marquina, A., Arco, J. E., Atzmueller, M., Ballarini, F., Barakova, E., Bologna, G., Bonomini, P., Castellanos-Dominguez, G., & Ferrández-Vicente, J. M. (2023). Computational approaches to explainable artificial intelligence: Advances in theory, applications and trends. *Information Fusion*, 100, 101945. <https://doi.org/10.1016/j.inffus.2023.101945>
- Harris-Watson, A. M., Larson, L. E., Lauharatanahirun, N., DeChurch, L. A., & Contractor, N. S. (2023). Social perception in human-AI teams: Warmth and competence predict receptivity to AI teammates. *Computers in Human Behavior*, 145, 107765. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2023.107765>
- Hua, Y., et al. (2025). Charting the evolution of artificial intelligence mental health chatbots from rule-based systems to large language models: A systematic review. *World Psychiatry*. <https://doi.org/10.1002/wps.21352>
- Huang, A., Chao, Y., de la Mora Velasco, E., Bilgihan, A., & Wei, W. (2022). When artificial intelligence meets the hospitality and tourism industry: An assessment framework to inform theory and management. *Journal of Hospitality and Tourism Insights*, 5(5), 1080-1100. <https://doi.org/10.1108/JHTI-01-2021-0021>
- Ibarz, J., Tan, J., Finn, C., Kalakrishnan, M., Pastor, P., & Levine, S. (2021). How to train your robot with deep reinforcement learning: Lessons we have learned. *International Journal of Robotics Research*, 40(4-5), 698-721. <https://doi.org/10.1177/0278364920987859>
- Kim, D. Y., Lee, H. K., & Chung, K. (2023). Avatar-mediated experience in the metaverse: The impact of avatar realism on user-avatar relationship. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 73, 103382. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103382>
- Kim, I., Ki, C.-W., Lee, H., & Kim, Y.-K. (2024). Virtual influencer marketing: Evaluating the influence of virtual influencers' form realism and behavioral realism on consumer ambivalence and marketing performance. *Journal of Business Research*, 176, 114611. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2024.114611>

- Koh, A. J. H., Tan, S. Y., & Nasrudin, M. F. (2024). A systematic literature review of generative adversarial networks (GANs) in 3D avatar reconstruction from 2D images. *Multimedia Tools and Applications*. Advance online publication.
- Koohang, A., Nord, J., Ooi, K., Tan, G., Al-Emran, M., Aw, E., et al. (2023). Shaping the metaverse into reality: A holistic multidisciplinary understanding of opportunities, challenges, and avenues for future investigation. *Journal of Computer Information Systems*, 63(3), 735-765.
- Koohsari, M. J., McCormack, G. R., Nakaya, T., Yasunaga, A., Fuller, D., Nagai, Y., et al. (2023). The metaverse, the built environment, and public health: Opportunities and uncertainties. *Journal of Medical Internet Research*, 25, e43549. <https://doi.org/10.2196/43549>
- Kull, A. J., Romero, M., & Monahan, L. (2021). How may I help you? Driving brand engagement through the warmth of an initial chatbot message. *Journal of Business Research*, 135, 840-850. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.03.005>
- Lee, L.-H., Braud, T., Zhou, P. Y., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C., & Hui, P. (2024). All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 18(2), 100-337. <https://doi.org/10.1561/11000000095>
- Lee, U.-K., & Kim, H. (2022). UTAUT in metaverse: An "Ifland" case. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 17(2), 613-635. <https://doi.org/10.3390/jtaer17020032>
- Lotka, A. J. (1926). The frequency distribution of scientific productivity. *Journal of the Washington Academy of Sciences*, 16(12), 317-323.
- Metzger, S. L., Littlejohn, K. T., Silva, A. B., Moses, D. A., Seaton, M. P., Wang, R., Dougherty, M. E., Liu, J. R., Wu, P., Berger, M. A., Zhuravleva, I., Tu-Chan, A., Ganguly, K., Anumanchipalli, G. K., & Chang, E. F. (2023). A high-performance neuroprosthesis for speech decoding and avatar control. *Nature*, 620(7976), 1037-1046. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06443-4>
- Miao, F., Kozlenkova, I. V., Wang, H., Xie, T., & Palmatier, R. W. (2022). An emerging theory of avatar marketing. *Journal of Marketing*, 86(1), 67-90. <https://doi.org/10.1177/0022242921996646>
- Mohd Rahim, N. I., A. Iahad, N., Yusof, A. F., & A. Al-Sharafi, M. (2022). AI-based chatbots adoption model for higher-education institutions: A hybrid PLS-SEM-neural network modelling approach. *Sustainability*, 14(19), 12726. <https://doi.org/10.3390/su141912726>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Park, S.-M., & Kim, Y.-G. (2022). A metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges. *IEEE Access*, 10, 4209-4251. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3140175>
- Soliman, M. M., Ahmed, E., Darwish, A., & Hassanien, A. E. (2024). Artificial intelligence powered metaverse: Analysis, challenges and future perspectives. *Artificial Intelligence Review*, 57(2), 36. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10641-x>
- Song, S. W., & Shin, M. (2024). Uncanny valley effects on chatbot trust, purchase intention, and adoption intention in the context of e-commerce: The moderating role of avatar familiarity. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 40(2), 441-456. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2121038>
- Tan, T. F., Li, Y., Lim, J. S., Gunasekaran, D. V., Teo, Z. L., Ng, W. Y., & Ting, D. S. W. (2022). Metaverse and virtual health care in ophthalmology: Opportunities and challenges. *Asia-Pacific Journal of Ophthalmology*, 11(3), 237-246. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000537>
- Truong, V. T., Le, L., & Niyato, D. (2023). Blockchain meets metaverse and digital asset management: A comprehensive survey. *IEEE Access*, 11, 26258-26288. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3257029>
- Van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Vemprala, S. H., Bonatti, R., Bucker, A., & Kapoor, A. (2024). ChatGPT for robotics: Design principles and model abilities. *IEEE Access*, 12, 55682-55696. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3387941>
- Wang, C., Zou, B., Du, Y., & Wang, Z. (2024). The impact of different conversational generative AI chatbots on EFL learners: An analysis of willingness to communicate, foreign language speaking anxiety, and self-perceived communicative competence. *System*, 127, 103533. <https://doi.org/10.1016/j.system.2024.103533>
- Wang, G., Badal, A., Jia, X., Maltz, J. S., Mueller, K., Myers, K. J., Niu, C., Vannier, M., Yan, P., Yu, Z., & Zeng, R. (2022). Development of metaverse for intelligent healthcare. *Nature Machine Intelligence*, 4(11), 922-929. <https://doi.org/10.1038/s42256-022-00549-6>

- Wang, L., Wan, Z., Ni, C., Song, Q., Li, Y., Clayton, E. W., Malin, B. A., & Yin, Z. (2024). A systematic review of ChatGPT and other conversational large language models in healthcare. medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2024.04.26.24306390>
- Xu, M., Ng, W. C., Lim, W. Y. B., Kang, J., Xiong, Z., Niyato, D., Yang, Q., Shen, X., & Miao, C. (2023). A full dive into realizing the edge-enabled metaverse: Visions, enabling technologies, and challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 25(1), 656-700. <https://doi.org/10.1109/COMST.2022.3221119>
- Yang, H., Li, J., Xiao, X., Wang, J., Li, Y., Li, K., Li, Z., Yang, H., Wang, Q., Yang, J., Ho, J. S., Yeh, P.-L., Mouthaan, K., Wang, X., Shah, S., & Chen, P.-Y. (2022). Topographic design in wearable MXene sensors with in-sensor machine learning for full-body avatar reconstruction. *Nature Communications*, 13(1), 5311. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-33021-5>
- Yang, Q., Zhao, Y., Huang, H., Xiong, Z., Kang, J., & Zheng, Z. (2022). Fusing blockchain and AI with metaverse: A survey. *IEEE Open Journal of the Computer Society*, 3, 122-136. <https://doi.org/10.1109/OJCS.2022.3188249>
- Zhang, J., Chen, Q., Lu, J., Wang, X., Liu, L., & Feng, Y. (2024). Emotional expression by artificial intelligence chatbots to improve customer satisfaction: Underlying mechanism and boundary conditions. *Tourism Management*, 100, 104835. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2023.104835>