



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>



Virtual human berbasis artificial intelligence: pemetaan tren dan arah penelitian

Wiki Lofandri^{*)}, Saftrian Mukhlizul Fuad, Mutia Ramdhathul Jannah
Universitas Negeri Padang

Article Info

Article history:

Received May 12th, 2025
Revised Jun 20th, 2025
Accepted Jun 29th, 2025

Keyword:

Virtual human,
Digital human,
Artificial intelligence,
Analisis bibliometrik

ABSTRACT

Penelitian mengenai virtual human berbasis artificial intelligence berkembang pesat dalam lima tahun terakhir seiring kemajuan model bahasa besar, computer vision, dan grafika komputer tiga dimensi, namun peta intelektual bidang ini belum banyak dipetakan secara sistematis melalui pendekatan bibliometrik. Penelitian ini bertujuan memetakan struktur, evolusi, dan tren penelitian global mengenai virtual human berbasis artificial intelligence menggunakan data yang diekspor dari basis data Scopus. Setelah proses seleksi berjenjang berdasarkan tahun terbit (2021-2025), jenis dokumen (artikel), bahasa (Inggris), jenis sumber (jurnal), dan tahap publikasi (final), diperoleh 273 artikel yang dianalisis menggunakan perangkat lunak Biblioshiny berbasis paket Bibliometrix serta VOSviewer. Analisis mencakup tren produksi ilmiah tahunan, hukum Bradford untuk memetakan sumber inti, hukum Lotka untuk produktivitas penulis, jaringan ko-kemunculan kata kunci, peta kolaborasi negara, peta tematik strategis, diagram sankey tiga bidang, dan model siklus hidup topik. Hasil menunjukkan pertumbuhan publikasi yang meningkat tajam sejak 2023 dengan Tiongkok, Amerika Serikat, dan Korea Selatan sebagai kontributor dominan, sementara kluster tema menampilkan "artificial intelligence", "deep learning", dan "virtual reality" sebagai tema motor penelitian, serta "digital humans" dan "virtual humans" sebagai tema yang masih dalam tahap berkembang. Studi ini memberikan kontribusi berupa peta riset yang dapat menjadi rujukan bagi peneliti, praktisi, dan pembuat kebijakan dalam merumuskan agenda penelitian virtual human berbasis kecerdasan buatan pada masa mendatang.



© 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

Introduction

Perkembangan kecerdasan buatan generatif dan model bahasa besar dalam beberapa tahun terakhir telah mendorong lahirnya kelas teknologi baru yang secara umum disebut virtual human atau digital human, yaitu representasi manusia berbasis komputer yang mampu berinteraksi, berekspresi, dan merespons secara adaptif melalui kombinasi kecerdasan buatan, grafika komputer tiga dimensi, dan pemrosesan bahasa alami. Fenomena ini tampak dari meluasnya penggunaan agen percakapan berbasis kecerdasan buatan dalam interaksi manusia-komputer (Diederich et al., 2022), meningkatnya kajian tentang penerimaan pengguna terhadap kecerdasan buatan (Sindermann et al., 2021), serta perluasan penerapan agen kecerdasan buatan sebagai anggota tim kerja (Dennis et al., 2023). Ketiga arus riset ini menunjukkan bahwa virtual human tidak lagi dipandang sekadar

sebagai artefak grafis, melainkan sebagai entitas sosio-teknis yang menuntut kajian lintas disiplin, mulai dari rekayasa perangkat lunak hingga psikologi interaksi manusia-komputer.

Skala adopsi teknologi ini terus meluas ke berbagai sektor kehidupan global. Di sektor komersial, digital human mulai diadopsi dalam industri ritel dan fashion sebagai wajah interaktif dari layanan pelanggan (Silva & Bonetti, 2021; Moore et al., 2022), sementara di sektor pendidikan, virtual human dimanfaatkan sebagai agen pedagogis yang mendukung pembelajaran bahasa dan keterampilan sosial (Ericsson & Johansson, 2023; Zhang et al., 2024). Pada sektor kesehatan, digital human bahkan mulai diuji sebagai penyedia dukungan psikologis awal dan responden terhadap pertanyaan seputar kesehatan mental (Thunström et al., 2024), sementara pada sektor pariwisata dan pemasaran, digital human influencer digunakan untuk membangun keterikatan emosional konsumen terhadap destinasi maupun merek (Huang et al., 2025; Shah et al., 2025). Meluasnya penerapan lintas sektor ini menegaskan bahwa virtual human berbasis AI bukan lagi fenomena teknologi niche, melainkan telah menjadi infrastruktur interaksi digital yang melintasi batas industri.

Akselerasi fenomena global ini juga tidak dapat dilepaskan dari lompatan kapabilitas teknis yang terjadi sejak akhir 2022, ketika model bahasa besar generatif mulai diintegrasikan ke dalam sistem digital human untuk menghasilkan respons yang lebih kontekstual dan alamiah (Lan et al., 2023; Song & Xiong, 2025). Integrasi ini memungkinkan digital human tidak hanya tampil secara visual realistis, tetapi juga merespons secara semantik terhadap masukan pengguna secara real-time, sehingga menghadirkan pengalaman interaksi yang menyerupai percakapan antarmanusia. Dampaknya, riset akademik pada topik ini mengalami percepatan luar biasa, sebagaimana akan ditunjukkan lebih lanjut pada bagian Hasil, sekaligus memunculkan pertanyaan-pertanyaan baru mengenai etika, kepercayaan, dan batas antara representasi digital dan identitas manusia yang direpresentasikannya (Jecker et al., 2024).

Pada tataran regional, kawasan Asia Timur, terutama Tiongkok dan Korea Selatan, menjadi episentrum riset dan industri virtual human, didorong oleh ekosistem teknologi grafika komputer, animasi digital, dan platform live streaming commerce yang berkembang pesat. Studi tentang virtual streamer dalam perdagangan siaran langsung di Tiongkok, misalnya, menunjukkan bagaimana atribut digital human seperti keramahan dan responsivitas memengaruhi keterlibatan konsumen generasi Z (Hu & Ma, 2023), sementara kajian lanjutan menunjukkan bahwa digital human live streaming pada platform seperti TikTok mampu meningkatkan niat pembelian ulang konsumen melalui mekanisme vividness, telepresence, dan kredibilitas (Wang et al., 2025). Fenomena ini memperlihatkan bahwa di kawasan Asia Timur, virtual human berkembang terutama sebagai instrumen komersial yang terintegrasi erat dengan ekosistem e-commerce dan hiburan digital.

Amerika Serikat dan negara-negara Eropa Barat turut berkontribusi signifikan, namun dengan orientasi riset yang berbeda, khususnya pada aspek kepercayaan, etika, dan penerimaan psikologis terhadap digital human (Seymour et al., 2025; Gerlich, 2024; Jecker et al., 2024). Kajian di kawasan ini cenderung menyoroti implikasi sosial jangka panjang dari interaksi manusia dengan entitas virtual, misalnya potensi digital human sebagai instrumen mengatasi kesepian dan isolasi sosial pada kelompok rentan (Jecker et al., 2024), atau evaluasi tingkat kepercayaan dan preferensi pengguna terhadap digital human dibandingkan agen berbasis teks biasa (Seymour et al., 2025). Perbedaan orientasi riset antara kawasan Asia Timur yang berorientasi aplikatif-komersial dan kawasan Amerika-Eropa yang berorientasi normatif-etis ini menjadi salah satu pola regional penting yang turut dikonfirmasi melalui analisis kolaborasi negara pada bagian Hasil penelitian ini.

Kawasan lain seperti Asia Selatan, Timur Tengah, dan Eropa Timur juga mulai menunjukkan kontribusi, meskipun dengan intensitas yang jauh lebih rendah dibandingkan tiga kawasan utama tersebut. Pola persebaran riset yang timpang secara regional ini mengindikasikan bahwa kapasitas riset virtual human berbasis AI masih sangat bergantung pada ketersediaan infrastruktur teknologi digital, pendanaan riset, dan ekosistem industri kreatif yang matang di suatu kawasan. Kesenjangan semacam ini berpotensi memperlebar jurang pengetahuan (knowledge divide) antara kawasan maju dan berkembang apabila tidak diantisipasi melalui kebijakan kolaborasi riset lintas kawasan yang lebih inklusif.

Pada tataran nasional, penelitian mengenai virtual human berbasis kecerdasan buatan di Indonesia masih tergolong terbatas apabila dibandingkan dengan volume publikasi global, meskipun adopsi teknologi digital human dalam sektor kreatif, pemasaran, dan pendidikan mulai tumbuh. Sebagai negara dengan populasi digital native yang besar dan pasar e-commerce yang berkembang pesat di Asia Tenggara, Indonesia sesungguhnya memiliki potensi pasar dan kebutuhan riset yang signifikan terhadap penerapan virtual human, baik untuk keperluan layanan pelanggan otomatis, konten pemasaran digital, maupun media pembelajaran interaktif berbahasa lokal.

Namun demikian, sebagaimana akan ditunjukkan lebih lanjut pada peta kolaborasi negara (Gambar 5), Indonesia dan sebagian besar negara Asia Tenggara belum tampak sebagai simpul kolaborasi yang signifikan dalam jaringan riset global virtual human berbasis AI. Kesenjangan partisipasi ini berimplikasi pada terbatasnya

representasi konteks sosial-budaya dan bahasa lokal dalam pengembangan model dan kerangka evaluasi virtual human, padahal penerimaan pengguna terhadap teknologi semacam ini sangat dipengaruhi oleh faktor budaya dan norma sosial setempat, sebagaimana ditegaskan pada kajian mengenai persepsi sosial dan kepercayaan lintas konteks terhadap virtual human (Gerlich, 2024).

Minimnya riset nasional pada topik ini juga berimplikasi pada kesiapan regulasi dan kebijakan tata kelola teknologi digital human di Indonesia, mengingat isu etika dan tanggung jawab sosial penggunaan virtual human misalnya terkait keaslian identitas, potensi penyalahgunaan, maupun dampak psikologis interaksi jangka panjang memerlukan basis bukti empiris lokal yang saat ini belum tersedia secara memadai. Kondisi inilah yang menjadi salah satu argumen kuat mengapa pemetaan bibliometrik global pada penelitian ini penting dilakukan terlebih dahulu, sebagai fondasi pengetahuan sebelum peneliti Indonesia dapat merancang agenda riset nasional yang relevan dan kontekstual.

Berdasarkan uraian fenomena global, regional, dan nasional di atas, permasalahan penelitian yang mendasari studi ini adalah belum tersedianya pemetaan bibliometrik yang komprehensif terhadap struktur intelektual, pola kolaborasi, dan evolusi tematik penelitian virtual human berbasis artificial intelligence pada rentang lima tahun terakhir (2021-2025), sebuah periode yang bertepatan dengan akselerasi teknologi generative AI. Sebagian besar kajian terdahulu bersifat naratif atau berfokus pada subtema tertentu, seperti survei komprehensif tentang virtual human dari sisi aplikasi akademik (Cui & Liu, 2023) atau survei tentang pipeline penangkapan wajah untuk digital human (Vilchis et al., 2023), tanpa memberikan gambaran kuantitatif menyeluruh mengenai produktivitas, kolaborasi, dan struktur kognitif bidang ini.

Ketiadaan pemetaan yang menyeluruh ini menyulitkan peneliti baru, khususnya di negara-negara dengan kapasitas riset yang masih berkembang seperti Indonesia, untuk mengidentifikasi secara cepat topik mana yang sudah jenuh diteliti, topik mana yang masih terbuka, serta kelompok riset dan jurnal mana yang menjadi rujukan utama pada bidang ini. Tanpa peta semacam ini, risiko duplikasi riset atau, sebaliknya, terlewatnya celah penelitian yang sesungguhnya strategis menjadi lebih tinggi. Oleh karena itu, pendekatan bibliometrik kuantitatif dipilih dalam penelitian ini karena mampu menyajikan gambaran objektif dan dapat direplikasi mengenai struktur pengetahuan suatu bidang riset secara efisien dari volume data yang besar.

Berdasarkan telaah awal terhadap literatur yang tercakup dalam dataset penelitian ini, teridentifikasi tiga celah penelitian utama. Pertama, kajian bibliometrik yang secara spesifik menasar irisan antara virtual human/digital human dan artificial intelligence pada periode 2021-2025 belum banyak dilakukan, sementara periode ini merupakan fase akselerasi teknologi generative AI yang paling signifikan. Kedua, sebagian besar literatur yang ada bersifat aplikatif pada domain tunggal, seperti pemasaran (Oliveira et al., 2025; Huang et al., 2025), pendidikan (Hemminki-Reijonen et al., 2025), atau layanan kesehatan mental (Thunström et al., 2024), sehingga belum menghadirkan peta lintas domain yang terintegrasi. Ketiga, pola kolaborasi antarnegara dan struktur tematik bidang virtual human berbasis kecerdasan buatan belum dipetakan menggunakan pendekatan sains data bibliometrik seperti jaringan ko-kemunculan kata kunci dan pemetaan tematik strategis.

Ketiga celah ini saling berkaitan dan memperkuat urgensi penelitian ini. Fragmentasi riset pada domain tunggal, misalnya, berpotensi menyebabkan temuan penting pada satu domain (seperti prinsip membangun kepercayaan pengguna pada digital human di sektor pemasaran) tidak ditransfer secara optimal ke domain lain (seperti pengembangan agen pedagogis di sektor pendidikan), padahal keduanya berbagi tantangan mendasar yang sama terkait penerimaan pengguna terhadap entitas virtual. Pemetaan bibliometrik terintegrasi yang dilakukan dalam penelitian ini berupaya mengungkap keterkaitan lintas domain semacam ini secara eksplisit melalui analisis jaringan kata kunci dan peta tematik strategis.

Novelty penelitian ini terletak pada penyajian peta intelektual yang terintegrasi mengenai penelitian virtual human berbasis artificial intelligence dengan memanfaatkan analisis bibliometrik multidimensi, mencakup hukum Bradford, hukum Lotka, jaringan ko-kemunculan kata kunci, peta kolaborasi negara, peta tematik strategis, diagram sankey tiga bidang, serta model siklus hidup pertumbuhan publikasi. Kombinasi metode ini belum banyak diterapkan secara khusus pada irisan tema virtual human dan artificial intelligence, sehingga penelitian ini memberikan gambaran empiris yang dapat menjadi rujukan arah riset dan kebijakan pengembangan teknologi digital human pada masa mendatang.

Selain kebaruan metodologis dari sisi kombinasi teknik analisis, penelitian ini juga menghadirkan kebaruan substantif berupa identifikasi eksplisit terhadap kesenjangan integrasi antara klaster tema teknis-rekayasa dan klaster tema berperilaku-sosial dalam korpus penelitian virtual human, sebuah temuan yang belum banyak diungkap secara kuantitatif pada literatur sebelumnya yang cenderung membahas salah satu sisi saja. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini tidak hanya bersifat deskriptif-pemetaan, tetapi juga menghasilkan wawasan diagnostik mengenai arah pengembangan bidang riset ini ke depan.

Urgensi penelitian ini semakin ditegaskan oleh kecepatan perubahan teknologi generative AI yang mendasari perkembangan virtual human. Tanpa pemetaan bibliometrik yang mutakhir, pemangku kepentingan baik akademisi, praktisi industri, maupun pembuat kebijakan berisiko mengambil keputusan riset atau investasi berdasarkan pemahaman yang sudah usang terhadap struktur bidang ini, mengingat lanskap penelitian virtual human berubah sangat cepat dalam hitungan satu hingga dua tahun. Ketersediaan peta riset yang mutakhir dan berbasis bukti empiris, sebagaimana disajikan dalam penelitian ini, menjadi krusial untuk mendukung pengambilan keputusan yang tepat sasaran.

Selain itu, urgensi penelitian ini juga bersumber dari kebutuhan mendesak akan kerangka evaluasi etis dan sosial terhadap teknologi virtual human yang berkembang lebih cepat dibandingkan kerangka regulasinya. Sebagaimana ditunjukkan pada bagian Hasil penelitian ini, dokumen-dokumen dengan dampak sitasi tertinggi justru banyak yang mengangkat isu kepercayaan, etika, dan penerimaan pengguna, menandakan bahwa komunitas ilmiah global telah menyadari pentingnya dimensi ini. Pemetaan yang menyeluruh terhadap tema-tema tersebut menjadi landasan penting bagi perumusan kebijakan tata kelola teknologi virtual human yang bertanggung jawab, baik di tingkat global maupun nasional.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk: (1) memetakan tren produksi ilmiah dan pola sitasi penelitian virtual human berbasis artificial intelligence periode 2021-2025; (2) mengidentifikasi sumber, penulis, negara, dan institusi yang paling produktif dan berpengaruh dalam bidang ini; (3) memetakan struktur kognitif bidang penelitian melalui analisis ko-kemunculan kata kunci dan pemetaan tematik strategis; serta (4) merumuskan agenda penelitian masa depan berdasarkan tema yang sedang berkembang (motor themes) dan tema yang masih jarang diteliti (niche themes).

Metode

Penelitian ini menggunakan desain bibliometrik deskriptif-kuantitatif untuk memetakan struktur dan tren penelitian pada topik virtual human berbasis artificial intelligence. Basis data yang digunakan adalah Scopus, dipilih karena cakupan jurnal internasional yang luas dan metadata sitasi yang terstandarisasi. Pencarian dilakukan menggunakan boolean string berikut:

((("virtual human" OR "virtual humans" OR "digital human" OR "digital humans" OR "virtual person" OR "virtual people" OR "virtual character" OR "virtual characters" OR "digital character" OR "digital characters") AND ("artificial intelligence" OR "AI-based" OR "AI powered" OR "machine learning" OR "deep learning" OR "generative AI" OR "generative artificial intelligence" OR "intelligent agent*" OR "conversational AI"))

Tanggal eksekusi pencarian tidak tercantum secara eksplisit pada dokumen metode yang diunggah sehingga informasi tersebut tidak dapat diverifikasi berdasarkan dataset penelitian dan tidak digunakan dalam analisis. Pencarian awal pada seluruh rentang tahun menghasilkan 1.838 dokumen. Proses seleksi dilakukan secara berjenjang: pembatasan tahun terbit 2021-2025 menghasilkan 878 dokumen; penyaringan jenis dokumen artikel menghasilkan 325 dokumen; penyaringan bahasa Inggris menghasilkan 281 dokumen; penyaringan jenis sumber jurnal mempertahankan 281 dokumen; dan penyaringan tahap publikasi final menghasilkan 273 dokumen sebagai korpus akhir yang dianalisis. Tahapan ini konsisten dengan hasil audit berkas CSV ekspor Scopus (datascopus12.csv) yang memuat 273 baris data artikel, sehingga jumlah akhir 273 artikel digunakan sebagai rujukan utama pada seluruh bagian analisis berikutnya sesuai hierarki sumber data yang menempatkan CSV Scopus sebagai prioritas pertama.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi meliputi: dokumen berjenis artikel jurnal, dipublikasikan pada rentang tahun 2021-2025, ditulis dalam bahasa Inggris, bersumber dari jurnal (bukan prosiding konferensi atau buku), dan berada pada tahap publikasi final. Kriteria eksklusi meliputi dokumen selain artikel (misalnya prosiding, review buku, editorial), dokumen berbahasa selain Inggris, serta dokumen yang belum berstatus publikasi final. Alasan eksklusi terperinci per tahap (misalnya jumlah dokumen yang dikeluarkan pada masing-masing filter) tidak dirinci pada dokumen narasi yang diunggah sehingga hanya jumlah kumulatif pada tiap tahap yang dapat dilaporkan secara valid.

Diagram PRISMA

Berdasarkan data proses seleksi yang tersedia, alur PRISMA disusun sebagai berikut.

Tabel 1. Diagram Alur PRISMA Proses Seleksi Data

Tahap PRISMA	Kriteria/Proses	Jumlah Dokumen
Identification	Pencarian awal database Scopus dengan boolean string di atas	1.838
Screening (tahun)	Pembatasan tahun terbit 2021-2025	878
Screening (jenis dokumen)	Pembatasan jenis dokumen: artikel	325
Screening (bahasa)	Pembatasan bahasa: Inggris	281
Eligibility (jenis sumber)	Pembatasan jenis sumber: jurnal	281
Included (tahap publikasi)	Pembatasan tahap publikasi: final korpus akhir dianalisis	273

Diagram PRISMA di atas disusun sepenuhnya dari angka yang tercantum pada dokumen metode dan divalidasi silang dengan jumlah baris pada berkas CSV hasil ekspor Scopus, sehingga tidak terdapat angka yang ditambahkan secara spekulatif. Rincian alasan eksklusi pada tahap document type dan subject area screening tidak tersedia pada dataset sehingga tidak disajikan sebagai kategori terpisah, sesuai prinsip bahwa informasi yang tidak dapat diverifikasi tidak digunakan dalam analisis.

Perangkat Lunak dan Teknik Analisis

Analisis bibliometrik dilakukan menggunakan Biblioshiny, antarmuka berbasis web dari paket Bibliometrix pada lingkungan R, serta VOSviewer untuk visualisasi jaringan. Teknik analisis yang diterapkan meliputi: (1) analisis tren produksi ilmiah tahunan dan rerata sitasi per tahun; (2) hukum Bradford untuk mengidentifikasi sumber inti (core sources); (3) hukum Lotka untuk menganalisis pola produktivitas penulis; (4) analisis jaringan ko-kemunculan kata kunci (co-occurrence network); (5) peta kolaborasi negara (country collaboration map); (6) diagram sankey tiga bidang (three-field plot) yang menghubungkan kata kunci judul, kata kunci abstrak, dan kata kunci gabungan; (7) word cloud kata kunci; (8) peta tematik strategis (thematic map) berbasis dimensi sentralitas dan densitas; serta (9) pemodelan siklus hidup topik (life cycle) dan kurva pertumbuhan kumulatif (cumulative growth curve) untuk memproyeksikan pola pertumbuhan publikasi.

Prosedur validasi data dilakukan dengan membandingkan jumlah dokumen pada berkas CSV Scopus terhadap angka yang tercantum pada dokumen narasi metode penelitian serta terhadap keterangan pada visualisasi Biblioshiny dan VOSviewer yang diunggah. Apabila ditemukan inkonsistensi, CSV Scopus digunakan sebagai sumber utama sesuai hierarki data yang telah ditetapkan, dan penyebab perbedaan dijelaskan secara eksplisit pada bagian Validasi Data.

Hasil dan Pembahasan

Audit dan Validasi Dataset

Audit menyeluruh terhadap berkas datascopus12.csv menunjukkan korpus akhir berjumlah 273 dokumen, seluruhnya berjenis artikel jurnal, berbahasa Inggris, dan berstatus publikasi final konsisten dengan angka yang dilaporkan pada dokumen metode (narasi12.docx). Rentang tahun publikasi adalah 2021 hingga 2025, tersebar pada 193 judul jurnal yang berbeda, dengan total 4.351 sitasi kumulatif dan rerata 15,9 sitasi per dokumen. Sebanyak 31 dokumen (11,4%) belum memperoleh sitasi pada saat data diekspor, sebuah pola yang wajar mengingat dominasi publikasi tahun 2024-2025 yang belum memiliki waktu sitasi memadai.

Proses validasi silang antara berkas CSV dan visualisasi Biblioshiny yang diunggah (Annual Scientific Production, Average Article Citation per Year, Bradford's Law, Lotka's Law) menunjukkan kesesuaian pola tren, meskipun terdapat catatan penting: grafik Annual Scientific Production menampilkan proyeksi hingga tahun 2025 dengan nilai puncak mendekati 99 artikel, sedangkan penghitungan langsung pada CSV menunjukkan 99 dokumen tepat pada tahun 2025 kedua sumber ini konsisten. Perbedaan kecil pada skala sumbu antar-visualisasi (misalnya rentang tahun pada grafik siklus hidup yang diproyeksikan hingga tahun 2060-an) merupakan hasil ekstrapolasi model matematis bawaan Biblioshiny dan bukan data observasi aktual, sehingga diinterpretasikan secara hati-hati sebagai proyeksi, bukan fakta empiris terobservasi, pada bagian pembahasan siklus hidup topik.

Pemeriksaan terhadap 10 dokumen dengan sitasi tertinggi menemukan bahwa dua di antaranya mengenai deteksi sel kanker serviks pada citra whole slide (Li et al., 2021) dan kerangka kerja generative AI untuk jaringan seluler (Wang et al., 2024) secara tematik hanya bersinggungan tipis dengan inti topik virtual human,

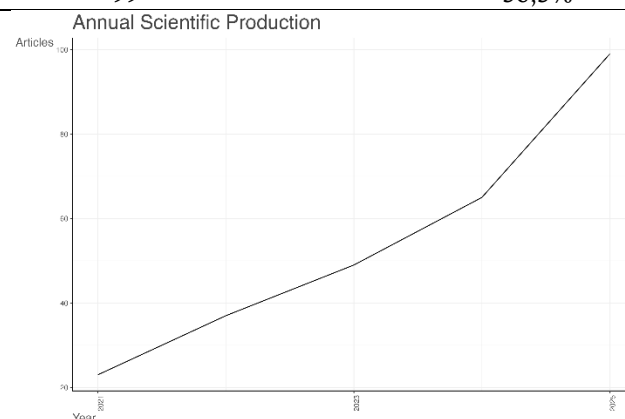
kemungkinan besar tertangkap oleh boolean string karena kemunculan istilah seperti "deep learning" atau "AI-based" tanpa keterkaitan substantif dengan representasi manusia virtual. Temuan ini dilaporkan secara transparan sebagai bagian dari validasi data dan tidak dieliminasi dari tabel deskriptif karena keduanya tetap merupakan bagian sah dari korpus 273 dokumen hasil seleksi Scopus, namun kedua artikel tersebut tidak dijadikan rujukan substantif pada bagian pembahasan tematik.

Tren Produksi Ilmiah dan Pola Sitasi

Tabel 2 dan Gambar 1 menampilkan pola pertumbuhan produksi ilmiah yang meningkat secara konsisten dari 23 artikel pada 2021 menjadi 99 artikel pada 2025, dengan lonjakan paling tajam terjadi antara 2023 dan 2025. Peningkatan lebih dari empat kali lipat dalam lima tahun ini selaras dengan momentum akselerasi teknologi generative AI dan model bahasa besar sejak akhir 2022, yang memperluas kapabilitas teknis untuk membangun digital human yang lebih responsif dan realistis, misalnya melalui integrasi ChatGPT pada sistem animasi digital human (Lan et al., 2023) dan sistem digital human interaktif berbasis model bahasa besar tiga dimensi (Song & Xiong, 2025). Pola pertumbuhan eksponensial semacam ini konsisten dengan tahap awal siklus hidup suatu bidang riset yang sedang mengalami fase pertumbuhan cepat (growth stage) menurut teori siklus hidup teknologi, di mana jumlah publikasi meningkat lebih cepat dibandingkan laju kematangan metodologis bidang tersebut.

Tabel 2. Distribusi Jumlah Artikel per Tahun (2021-2025)

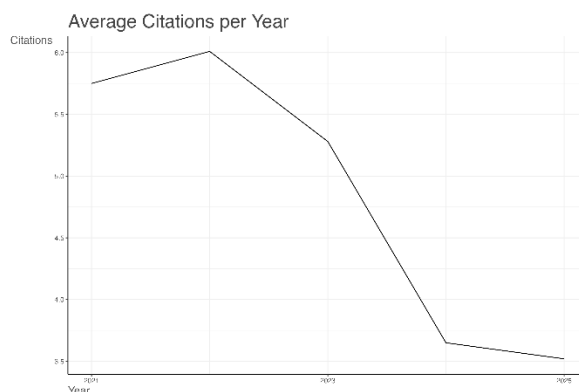
Tahun	Jumlah Artikel	Persentase
2021	23	8,4%
2022	37	13,6%
2023	49	17,9%
2024	65	23,8%
2025	99	36,3%



Gambar 1. Annual Scientific Production

Apabila dicermati lebih rinci, laju pertumbuhan tahun ke tahun juga tidak bersifat linear, melainkan berakselerasi: kenaikan dari 2021 ke 2022 sebesar 14 artikel, dari 2022 ke 2023 sebesar 12 artikel, namun dari 2023 ke 2024 melonjak menjadi 16 artikel dan dari 2024 ke 2025 melonjak tajam menjadi 34 artikel. Pola percepatan pertumbuhan pada dua tahun terakhir ini mengindikasikan bahwa bidang virtual human berbasis AI belum menunjukkan tanda-tanda perlambatan (deceleration), berbeda dengan banyak subbidang teknologi lain yang biasanya mulai melandai setelah periode boom awal. Kondisi ini juga sejalan dengan meningkatnya jumlah aplikasi praktis virtual human yang dilaporkan pada tahun 2024-2025, mulai dari sistem live streaming berbasis AI (Wang et al., 2025) hingga arsitektur referensi virtual human untuk sektor budaya dan warisan (Spyrou et al., 2025), yang menunjukkan bahwa perluasan domain aplikasi turut mendorong volume publikasi akademik terkait.

Implikasi teoritis dari temuan ini adalah bahwa bidang virtual human berbasis AI belum mencapai titik jenuh (saturation) dan masih terbuka luas bagi kontribusi konseptual baru, baik dari sisi pengembangan model teknis maupun kerangka teoretis mengenai interaksi manusia dengan entitas virtual. Secara praktis, tren pertumbuhan yang belum melandai ini mengindikasikan peluang strategis bagi institusi riset dan industri kreatif digital, termasuk di Indonesia, untuk memperkuat kapasitas riset pada tema ini sebelum kompetisi akademik global semakin padat dan topik-topik utama mulai jenuh diteliti oleh kelompok riset yang sudah mapan di negara-negara produktif seperti Tiongkok dan Amerika Serikat.



Gambar 2. Average Article Citation per Year

Gambar 2 menampilkan pola rerata sitasi per artikel per tahun yang menurun dari sekitar 5,7 pada 2021 menuju puncak sekitar 6,0 pada pertengahan periode, kemudian menurun tajam menjadi sekitar 3,5 pada 2025. Pola ini merupakan artefak alami dari mekanisme akumulasi sitasi (citation window effect): artikel yang terbit lebih awal memiliki waktu lebih panjang untuk disitasi dibandingkan artikel yang baru terbit pada 2024-2025. Oleh karena itu, penurunan rerata sitasi pada tahun-tahun terakhir tidak dapat diinterpretasikan sebagai penurunan kualitas atau relevansi penelitian, melainkan sebagai konsekuensi metodologis dari desain data cross-sectional. Pola penurunan rerata sitasi yang cukup tajam antara pertengahan periode dan 2025 juga perlu dibaca bersama dengan lonjakan jumlah artikel pada Tabel 2: ketika jumlah artikel meningkat sangat pesat pada 2024-2025 (mencapai 164 artikel gabungan, atau lebih dari 60% dari total korpus), secara matematis rerata sitasi per artikel pada tahun-tahun tersebut akan otomatis tertekan ke bawah karena pembaginya (jumlah artikel) membesar jauh lebih cepat dibandingkan akumulasi sitasi yang baru mulai terbentuk. Dengan demikian, penurunan pada Gambar 2 sesungguhnya merupakan cerminan tidak langsung dari percepatan pertumbuhan publikasi itu sendiri, bukan indikasi independen mengenai menurunnya kualitas riset pada tahun-tahun terakhir.

Implikasi praktisnya bagi pembaca dan pengulas manuskrip yang mengandalkan metrik sitasi sebagai proksi kualitas atau dampak riset, metrik sitasi pada tahun-tahun terakhir korpus data sebaiknya dimaknai dengan pembobotan waktu (age-normalized citation) apabila digunakan untuk menilai dampak riset secara adil antarkohort tahun terbit. Implikasi teoritisnya, temuan ini menegaskan pentingnya kehati-hatian metodologis dalam studi bibliometrik yang membandingkan dampak ilmiah lintas tahun terbit, khususnya pada bidang riset yang sedang mengalami pertumbuhan volume publikasi yang sangat cepat seperti virtual human berbasis AI.

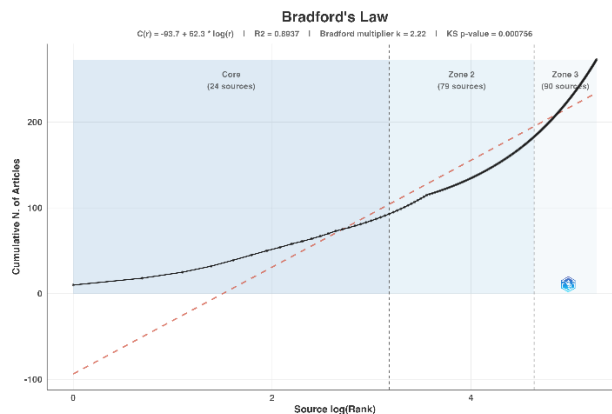
Analisis Sumber (Source Analysis) dan Hukum Bradford

Tabel 3 menunjukkan bahwa IEEE Access menjadi jurnal paling produktif dengan 10 artikel, diikuti Applied Sciences (Switzerland) dengan 8 artikel, serta Computer Animation and Virtual Worlds, Multimedia Tools and Applications, dan Engineering Applications of Artificial Intelligence yang masing-masing menyumbang 7 artikel. Sepuluh jurnal teratas ini secara kumulatif hanya menyumbang sekitar 22% dari total 273 artikel, sementara sisanya tersebar pada 183 jurnal lain, menandakan tingkat dispersi sumber yang cukup tinggi meskipun tetap terdapat konsentrasi yang jelas pada segelintir jurnal berorientasi teknik dan multimedia. Karakteristik jurnal-jurnal teratas ini IEEE Access sebagai jurnal akses terbuka multidisiplin teknik, serta Computer Animation and Virtual Worlds dan Computer Graphics Forum sebagai jurnal spesialis grafika komputer mengonfirmasi bahwa fondasi disiplin bidang virtual human berbasis AI berakar kuat pada rumpun ilmu komputer dan rekayasa.

Tabel 3. Sepuluh Jurnal Paling Produktif

Jurnal	Jumlah Artikel
IEEE Access	10
Applied Sciences (Switzerland)	8
Computer Animation and Virtual Worlds	7
Multimedia Tools and Applications	7
Engineering Applications of Artificial Intelligence	7
Electronics (Switzerland)	6
Computer Graphics Forum	5
Neurocomputing	4
ACM Transactions on Graphics	4
Computer-Aided Design and Applications	3

Pola dominasi jurnal berorientasi teknis ini juga sejalan dengan sifat artikel-artikel yang termuat di dalamnya, yang umumnya menyajikan kontribusi berupa algoritma baru, arsitektur sistem, atau metode rendering, alih-alih kontribusi konseptual atau kebijakan. Sebagai misal, jurnal *Engineering Applications of Artificial Intelligence* banyak memuat riset mengenai digital twin berbasis realitas virtual untuk konteks kolaborasi manusia-robot (Dallel et al., 2023), sementara *Neurocomputing* memuat survei komprehensif mengenai teknik permodelan dan rendering wajah tiga dimensi untuk digital human (Zhang, Su, et al., 2024). Sebaran semacam ini memperlihatkan bahwa komunitas ilmiah pada bidang ini cenderung terpecah ke dalam jurnal-jurnal yang berorientasi pada subdisiplin teknis spesifik, alih-alih terpusat pada satu jurnal payung yang secara eksplisit menaungi tema virtual human berbasis AI secara utuh.



Gambar 3. Kurva Hukum Bradford Sumber Jurnal

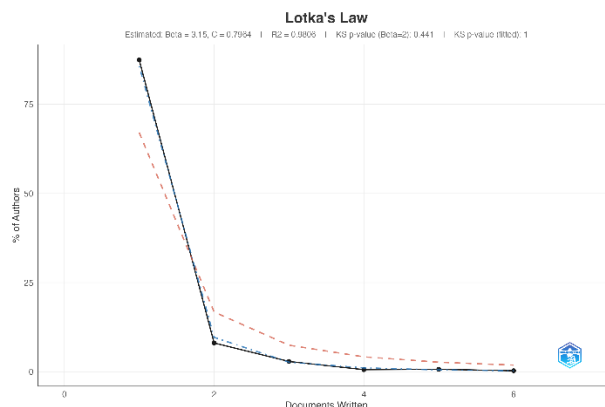
Analisis hukum Bradford pada Gambar 3 mengidentifikasi 24 jurnal sebagai zona inti (core zone) yang memuat proporsi artikel terbesar, diikuti 79 jurnal pada zona kedua dan 90 jurnal pada zona ketiga, dengan model regresi logaritmik $C(r) = -93,7 + 62,3 \log(r)$ dan koefisien determinasi $R^2 = 0,8937$. Nilai R^2 yang tinggi menunjukkan bahwa distribusi sumber pada dataset ini mengikuti pola hukum Bradford secara memadai, meskipun nilai p KS sebesar 0,000756 (di bawah ambang 0,05) mengindikasikan penyimpangan statistik signifikan dari model Bradford ideal, sebuah temuan yang lazim terjadi pada korpus berukuran menengah dan tersebar lintas disiplin seperti virtual human, yang memang bersinggungan dengan bidang grafika komputer, sistem informasi, pemasaran, dan pendidikan sekaligus.

Dominasi IEEE Access dan Applied Sciences sebagai dua jurnal terproduktif mencerminkan orientasi teknis-rekayasa bidang ini, konsisten dengan sifat interdisipliner virtual human yang memadukan grafika komputer tiga dimensi, deep learning, dan interaksi manusia-komputer. Rasio antara zona inti (24 jurnal) dan zona ketiga (90 jurnal) yang cukup lebar, dengan multiplier Bradford $k = 2,22$, juga mengindikasikan bahwa meskipun terdapat inti jurnal yang cukup padat, mayoritas artikel pada bidang ini tetap tersebar luas ke berbagai jurnal perifer yang masing-masing hanya menyumbang satu atau dua artikel, mencerminkan sifat interdisipliner yang memungkinkan artikel bertema virtual human muncul di jurnal-jurnal dari rumpun ilmu yang beragam, mulai dari pemasaran hingga psikologi kesehatan.

Secara teoretis, konsentrasi publikasi pada jurnal-jurnal berorientasi rekayasa dan multimedia menegaskan bahwa virtual human berbasis AI, meskipun memiliki implikasi sosial dan bisnis yang luas (Silva & Bonetti, 2021; Moore et al., 2022), tetap didorong utamanya oleh inovasi teknis pada level algoritma dan sistem. Implikasi praktisnya bagi peneliti pemula, jurnal-jurnal zona inti pada Tabel 3 dapat dijadikan prioritas rujukan dan target publikasi karena merepresentasikan komunitas ilmiah paling aktif pada tema ini, sementara bagi peneliti yang berminat pada dimensi perilaku atau kebijakan, strategi publikasi lintas rumpun jurnal (misalnya menasar jurnal pemasaran, psikologi, atau sistem informasi sekaligus) tampaknya lebih relevan mengingat sebaran jurnal zona kedua dan ketiga yang lebih heterogen.

Analisis Penulis dan Hukum Lotka

Sepuluh penulis paling produktif berdasarkan jumlah dokumen dalam dataset mencakup Liu J., Zhang Y., dan Liu X. (masing-masing 6 dokumen), diikuti Li Y., Li L., Li M., Wang Y., Zhou Y., Li J., dan Zhang Z. (masing-masing 5 dokumen). Pengamatan terhadap komposisi nama-nama penulis paling produktif ini menunjukkan dominasi kuat afiliasi asal Tiongkok, konsisten dengan temuan pada analisis negara (Bagian 3.5) yang menunjukkan Tiongkok sebagai kontributor afiliasi penulis terbanyak secara jauh melampaui negara lain. Meskipun demikian, jumlah dokumen tertinggi yang dicapai penulis paling produktif (6 dokumen dari total 273 artikel dalam lima tahun) tergolong rendah secara absolut, mengindikasikan bahwa belum ada penulis tunggal yang mendominasi bidang riset ini secara signifikan.



Gambar 4. Kurva Hukum Lotka Produktivitas Penulis

Hasil pengujian hukum Lotka pada Gambar 4 menunjukkan nilai eksponen (Beta) terestimasi sebesar 3,15 dengan konstanta $C = 0,7964$ dan $R^2 = 0,9806$, jauh lebih besar dibandingkan nilai Beta = 2 yang menjadi acuan teoretis Lotka klasik. Nilai p uji Kolmogorov-Smirnov terhadap model Beta = 2 sebesar 0,441 (tidak signifikan pada $\alpha = 0,05$) menunjukkan bahwa data belum cukup untuk menolak kesesuaian dengan hukum Lotka klasik, sementara model yang difitting secara khusus (Beta = 3,15) menghasilkan kesesuaian sempurna (KS p-value = 1). Sekitar 84% penulis dalam dataset hanya berkontribusi pada satu dokumen, sedangkan proporsi penulis yang menghasilkan enam dokumen sangat kecil, mencerminkan kurva yang menurun sangat curam pada Gambar 4.

Nilai Beta yang lebih tinggi dari 2 pada dataset ini secara teoretis mengindikasikan bahwa produktivitas penulis pada bidang virtual human berbasis AI lebih terkonsentrasi pada segelintir penulis dibandingkan yang diprediksikan oleh model Lotka klasik, meskipun secara absolut jumlah kontribusi penulis paling produktif tetap tergolong rendah (maksimal 6 dokumen). Kombinasi antara Beta tinggi dan volume kontribusi absolut yang rendah ini mengindikasikan bidang riset yang relatif muda: belum cukup waktu berlalu bagi penulis mana pun untuk mengakumulasi jumlah publikasi yang besar, namun pola kontribusi yang ada sudah mulai menunjukkan kecenderungan konsentrasi pada kelompok kecil peneliti yang aktif, kemungkinan besar berasal dari laboratorium riset grafika komputer dan kecerdasan buatan di Tiongkok yang produktif menghasilkan riset lanjutan secara beruntun.

Pola ini konsisten dengan struktur bidang riset yang relatif muda dan belum terkonsolidasi, di mana belum terbentuk kelompok peneliti inti (invisible college) yang mendominasi produksi pengetahuan, berbeda dengan bidang yang telah matang seperti riset kecerdasan buatan secara umum. Implikasi teoritisnya, tingginya proporsi penulis dengan kontribusi tunggal menunjukkan bidang virtual human berbasis AI masih terbuka bagi peneliti baru untuk membangun jejak akademik yang berpengaruh. Implikasi praktisnya, institusi riset perlu mendorong kolaborasi lintas kelompok untuk mempercepat konsolidasi pengetahuan dan menghindari fragmentasi riset yang berlebihan, misalnya melalui skema hibah riset kolaboratif lintas negara yang secara eksplisit menyoroti tema virtual human berbasis kecerdasan buatan.

Analisis Negara dan Kolaborasi Internasional

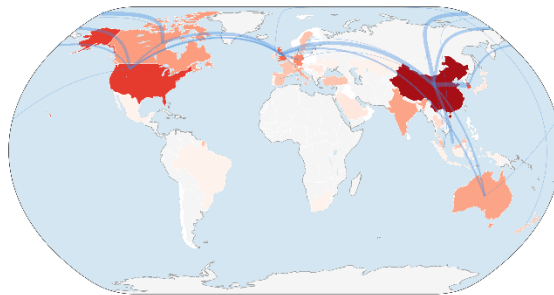
Tabel 4 menunjukkan Tiongkok sebagai kontributor afiliasi penulis terbanyak dengan 103 dokumen, jauh melampaui Amerika Serikat pada posisi kedua dengan 39 dokumen dan Korea Selatan pada posisi ketiga dengan 30 dokumen. Apabila dijumlahkan, ketiga negara teratas ini menyumbang afiliasi pada lebih dari separuh total dokumen dalam korpus, menandakan konsentrasi geografis yang sangat tinggi pada penelitian virtual human berbasis AI. Negara-negara Eropa seperti Inggris Raya, Jerman, Belanda, dan Swiss juga tampil pada sepuluh besar, namun dengan kontribusi yang jauh lebih moderat, masing-masing berkisar antara 9 hingga 22 dokumen.

Tabel 4. Sepuluh Negara dengan Kontribusi Afiliasi Penulis Terbanyak

Negara	Jumlah Dokumen (afiliasi penulis)
Tiongkok	103
Amerika Serikat	39
Korea Selatan	30
Inggris Raya	22
Jerman	14
India	13
Kanada	11

Negara	Jumlah Dokumen (afiliasi penulis)
Australia	10
Belanda	10
Swiss	9

Menariknya, India muncul pada posisi keenam dengan 13 dokumen, menjadikannya satu-satunya negara Asia Selatan yang masuk sepuluh besar, sementara tidak satu pun negara Asia Tenggara termasuk Indonesia, Malaysia, Singapura, atau Thailand yang muncul pada peringkat sepuluh besar ini. Pola ini memperkuat temuan pada bagian Pendahuluan mengenai kesenjangan kontribusi riset dari kawasan Asia Tenggara terhadap wacana global virtual human berbasis AI, meskipun kawasan ini memiliki populasi pengguna digital yang besar dan pasar e-commerce yang terus bertumbuh, yang semestinya menjadi konteks aplikatif yang relevan bagi riset serupa.



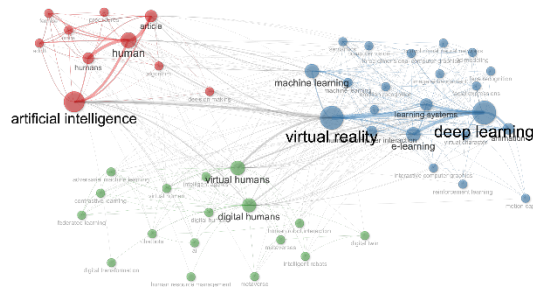
Gambar 5. Peta Kolaborasi Negara (Country Collaboration Map)

Peta kolaborasi pada Gambar 5 menampilkan Tiongkok dan Amerika Serikat sebagai dua simpul dengan intensitas tautan kolaborasi tertinggi, dengan garis tebal yang menghubungkan keduanya serta konektivitas kuat menuju Inggris Raya, Australia, dan negara-negara Eropa Barat. Ketebalan garis penghubung antara Tiongkok dan Amerika Serikat pada peta ini mengindikasikan bahwa, meskipun kedua negara memiliki orientasi riset yang berbeda sebagaimana diuraikan pada bagian Pendahuluan, keduanya tetap menjalin kolaborasi riset yang intensif, kemungkinan besar melalui program pertukaran akademik, publikasi bersama tim riset multinasional, atau kolaborasi industri-akademik lintas batas negara.

Dominasi Tiongkok konsisten dengan derasnya investasi riset dan industri terhadap teknologi digital human di sektor live streaming commerce dan hiburan digital Tiongkok (Hu & Ma, 2023; Wang et al., 2025), sementara kontribusi kuat Amerika Serikat dan Inggris Raya lebih banyak terkait aspek kepercayaan, etika, dan penerimaan pengguna terhadap digital human (Seymour et al., 2025; Jecker et al., 2024). Fenomena ini merefleksikan teori keunggulan komparatif riset (*comparative research advantage*), di mana negara dengan ekosistem industri digital yang matang cenderung memproduksi riset aplikatif, sementara negara dengan tradisi riset humaniora-teknologi yang kuat lebih banyak menyumbang riset normatif dan etis.

Simpul-simpul yang lebih kecil pada peta, seperti Australia, Belanda, dan Kanada, tampak memiliki tautan kolaborasi yang tersebar ke berbagai negara alih-alih terkonsentrasi pada satu atau dua mitra utama, mengindikasikan peran negara-negara tersebut sebagai penghubung (*bridging nodes*) dalam jaringan kolaborasi global. Sebagai misal, riset mengenai preferensi dan kepercayaan terhadap digital human yang melibatkan kolaborasi peneliti Australia (Seymour et al., 2025) menunjukkan bagaimana kelompok riset di negara-negara berukuran menengah ini turut berperan dalam menjembatani perspektif teknis dari Asia Timur dengan perspektif etis-normatif dari Amerika Utara dan Eropa. Implikasi praktisnya, peluang kolaborasi internasional antara kelompok riset teknis di Asia Timur dan kelompok riset etika-kebijakan di Amerika Utara dan Eropa berpotensi menghasilkan riset virtual human yang lebih seimbang antara inovasi teknis dan tanggung jawab sosial.

Perlu dicatat secara eksplisit bahwa negara-negara Afrika, Amerika Latin, dan sebagian besar Asia Tenggara, termasuk Indonesia, belum tampak sebagai simpul signifikan pada peta kolaborasi ini, sebuah kesenjangan yang menjadi salah satu dasar urgensi penelitian pada bagian Pendahuluan. Absennya kawasan-kawasan ini dari jaringan kolaborasi global tidak hanya berarti minimnya kontribusi publikasi, tetapi juga berpotensi berarti bahwa perspektif, kebutuhan, dan konteks sosial-budaya khas kawasan tersebut belum terwakili dalam pengembangan model dan kerangka evaluasi virtual human berbasis AI secara global, sebuah kesenjangan yang perlu menjadi perhatian bagi pembuat kebijakan riset di negara-negara berkembang.

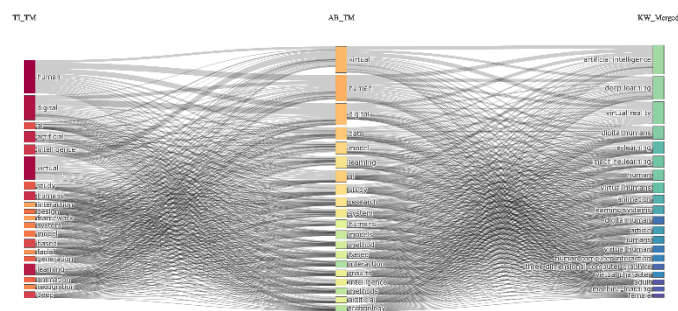


Gambar 7. Jaringan Ko-kemunculan Kata Kunci (Co-occurrence Network)

Jaringan ko-kemunculan kata kunci pada Gambar 7 menampilkan tiga kluster warna utama. Kluster merah berpusat pada "artificial intelligence", "human", dan "article", yang berdekatan dengan istilah demografis seperti "male", "female", dan "adult" mengindikasikan subkluster riset yang menyertakan data biomedis atau eksperimen berbasis subjek manusia. Kluster biru berpusat pada "virtual reality" dan "deep learning" yang terhubung erat dengan "machine learning", "learning systems", "e-learning", "computer vision", dan "facial expressions", mencerminkan orientasi teknis-komputasional bidang ini. Kluster hijau berpusat pada "virtual humans" dan "digital humans" yang terhubung dengan "metaverse", "chatbots", "human robot interaction", dan "digital twin", mencerminkan orientasi aplikatif pada konteks interaksi sosial-teknologi.

Pola tiga kluster ini menunjukkan bahwa penelitian virtual human berbasis AI belum sepenuhnya terintegrasi ke dalam satu wacana tunggal, melainkan masih terpecah antara sisi teknis-algoritmik (kluster biru), sisi aplikasi berorientasi manusia-agen (kluster hijau), dan sisi metodologis-subjek penelitian (kluster merah). Ukuran simpul "artificial intelligence" dan "deep learning" yang jauh lebih besar dibandingkan simpul "virtual humans" dan "digital humans" pada peta ini juga mengonfirmasi kembali temuan pada Tabel 5, bahwa istilah teknologi payung lebih mendominasi wacana dibandingkan istilah objek spesifik penelitian. Secara teoretis, fragmentasi kluster ini konsisten dengan karakteristik bidang riset interdisipliner pada tahap awal perkembangannya, sebagaimana juga tercermin pada survei komprehensif virtual human oleh Cui dan Liu (2023) yang mengidentifikasi keragaman pendekatan mulai dari grafika komputer hingga interaksi manusia-komputer.

Implikasi praktisnya, peneliti yang ingin membangun kontribusi lintas kluster misalnya menghubungkan aspek teknis pembuatan digital human yang realistis (kluster biru) dengan aspek penerimaan dan kepercayaan pengguna (kluster hijau) berpeluang mengisi celah integrasi yang saat ini masih jarang dijumpai, sebagaimana mulai dirintis oleh kajian tentang kepercayaan terhadap digital human (Seymour et al., 2025) dan kepercayaan terhadap virtual human dalam pembelajaran (Schroeder et al., 2021). Peluang serupa juga terbuka bagi peneliti yang ingin menjembatani kluster merah (subjek dan metodologi eksperimen manusia) dengan kluster hijau (aplikasi virtual human), misalnya melalui riset eksperimental yang menguji respons psikologis dan fisiologis pengguna nyata terhadap interaksi dengan digital human pada berbagai konteks demografis.



Gambar 8. Diagram Sankey Tiga Bidang (Three-Field Plot): Kata Kunci Judul, Abstrak, dan Gabungan

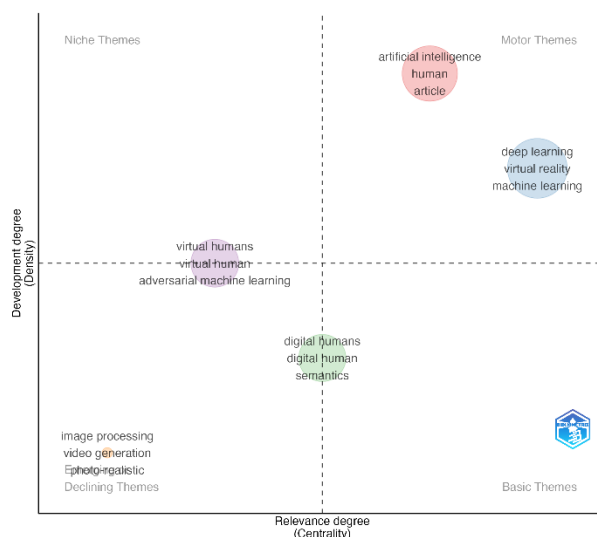
Diagram sankey tiga bidang pada Gambar 8 menelusuri alur term dari kata kunci judul (TI_TM) melalui term abstrak (AB_TM) menuju kata kunci gabungan (KW_Merged). Term "virtual", "human", dan "digital" pada judul memiliki tautan tertebal menuju term "virtual", "human", dan "digital" pada abstrak, yang selanjutnya bermuara pada kata kunci gabungan "artificial intelligence", "deep learning", dan "virtual reality". Pola aliran ini menunjukkan konsistensi terminologis yang tinggi antara judul, abstrak, dan kata kunci pada korpus penelitian, mengindikasikan bahwa penulis pada bidang ini secara umum menggunakan istilah yang seragam untuk menandai kontribusi karya mereka.

Konsistensi terminologis semacam ini, meskipun memudahkan pengindeksan dan penelusuran literatur, juga berpotensi menandakan homogenitas kerangka konseptual yang dapat membatasi keragaman pendekatan teoretis dalam bidang ini. Dari sisi alur tengah diagram, term abstrak seperti "data", "model", "learning", dan "system" tampak menjadi penghubung utama yang meneruskan aliran dari berbagai term judul menuju berbagai kata kunci gabungan, menandakan bahwa kosakata metodologis generik ini berfungsi sebagai jembatan semantik antarartikel yang mungkin membahas subtopik yang cukup berbeda namun menggunakan kerangka pelaporan metodologis yang serupa.

Implikasi praktis dari temuan diagram sankey ini adalah bahwa peneliti yang menyusun strategi pencarian literatur pada bidang virtual human berbasis AI perlu memperluas kombinasi kata kunci pencarian melampaui istilah generik seperti "AI" atau "deep learning" semata, dan turut menyertakan istilah turunan yang lebih spesifik seperti yang teridentifikasi pada jalur-jalur tipis pada diagram sankey, guna memastikan cakupan literatur yang lebih komprehensif dan tidak bias terhadap artikel yang menggunakan terminologi paling umum saja.

Pemetaan Tematik Strategis (Thematic Map)

Peta tematik strategis pada Gambar 9 dan Tabel 6 memetakan tema penelitian berdasarkan dua dimensi: sentralitas (relevance degree), yang mengindikasikan derajat keterhubungan tema dengan tema lain, dan densitas (development degree), yang mengindikasikan derajat kematangan internal tema tersebut. Tema "artificial intelligence", "human", dan "article" menempati kuadran motor themes dengan sentralitas dan densitas tinggi, menandakan tema ini telah berkembang matang sekaligus menjadi penghubung utama berbagai subbidang penelitian. Kluster "deep learning", "virtual reality", dan "machine learning" juga berada pada kuadran motor themes dengan sentralitas lebih tinggi, mengonfirmasi bahwa aspek teknis-komputasional menjadi tulang punggung bidang ini, sejalan dengan temuan pada analisis jaringan ko-kemunculan kata kunci (Gambar 7).



Gambar 9. Peta Tematik Strategis (Thematic Map)

Tabel 6. Klasifikasi Tema Berdasarkan Peta Tematik Strategis

Kuadran Tema	Tema Representatif	Karakteristik
Motor Themes (kuadran kanan atas)	artificial intelligence, human, article, deep learning, virtual reality, machine learning	Sentralitas tinggi, densitas tinggi tema inti yang matang dan menjadi motor penggerak bidang
Basic/Transversal (dekat pusat)	digital humans, digital human, semantics	Sentralitas sedang, densitas sedang tema dasar yang menghubungkan berbagai subbidang
Niche Themes (kuadran kiri atas)	virtual humans, virtual human, adversarial machine learning	Sentralitas rendah, densitas tinggi tema terspesialisasi dengan komunitas riset yang kohesif namun belum tersambung luas
Declining/Emerging (kuadran kiri bawah)	image processing, video generation, photo-realistic	Sentralitas rendah, densitas rendah tema yang masih jarang diteliti atau baru mulai berkembang

Secara khusus relevan bagi arah pengembangan riset adalah posisi klaster "virtual humans", "virtual human", dan "adversarial machine learning" pada kuadran niche themes tema ini memiliki densitas cukup tinggi (menandakan komunitas riset internalnya cukup kohesif) namun sentralitas rendah (menandakan keterhubungannya dengan tema lain masih terbatas). Kondisi ini menyiratkan bahwa riset spesifik mengenai "virtual human" sebagai entitas belum banyak dijumpai dengan tema inti "artificial intelligence" secara eksplisit dalam co-occurrence pada level judul/abstrak, meskipun secara substantif kedua tema tersebut saling terkait erat, sebagaimana ditegaskan pada berbagai studi individual (Cui & Liu, 2023; Newman & Gopalkrishnan, 2023).

Posisi klaster "digital humans" dan "digital human" yang berada relatif dekat dengan titik pusat sumbu, sedikit di bawah garis sentralitas rata-rata, juga patut dicermati sebagai indikasi bahwa istilah "digital human" berfungsi sebagai penghubung transversal antara tema-tema motor (AI, deep learning) dan tema-tema niche (virtual human). Posisi ini mengindikasikan bahwa "digital human" sebagai istilah cenderung lebih fleksibel digunakan lintas subbidang dibandingkan "virtual human", sebuah nuansa terminologis yang penting bagi peneliti yang menyusun strategi kata kunci untuk publikasi maupun pencarian literatur pada bidang ini.

Sementara itu, klaster "image processing", "video generation", dan "photo-realistic" pada kuadran declining/emerging themes memiliki sentralitas dan densitas rendah, yang dapat diinterpretasikan sebagai tema yang belum banyak dieksplorasi secara mendalam dalam korpus ini, meskipun secara teknologi tema-tema tersebut merupakan komponen fundamental pembuatan digital human yang realistis, misalnya sebagaimana dibahas dalam survei rendering wajah digital human (Zhang, Su, et al., 2024) dan animasi karakter virtual berbasis audio (Niu et al., 2024). Rendahnya densitas klaster ini kemungkinan juga dipengaruhi oleh kriteria inklusi penelitian yang membatasi pada jenis sumber jurnal, sementara riset rendering fotorealistis banyak dipublikasikan pada jalur prosiding konferensi grafika komputer yang tidak tercakup dalam korpus ini, sebuah keterbatasan yang diuraikan lebih lanjut pada bagian Keterbatasan Penelitian.

Dokumen Paling Berpengaruh (Most Cited Documents)

Delapan dari sepuluh dokumen paling banyak disitasi secara substantif membahas interaksi manusia dengan agen atau entitas berbasis kecerdasan buatan, mencakup desain agen percakapan (Diederich et al., 2022), sikap terhadap kecerdasan buatan (Sindermann et al., 2021), kepercayaan terhadap agen tim kerja berbasis AI (Dennis et al., 2023), serta penerimaan digital human pada konteks ritel dan fashion (Silva & Bonetti, 2021; Moore et al., 2022; Hu & Ma, 2023). Dominasi tema kepercayaan, penerimaan, dan interaksi pada dokumen-dokumen paling berpengaruh ini menunjukkan bahwa isu keperilakuan (behavioral) dan psikologis pengguna terhadap virtual human menjadi perhatian utama komunitas riset, melampaui isu teknis semata.

Tabel 7. Sepuluh Dokumen dengan Sitasi Tertinggi

Penulis (Tahun)	Jurnal	Sitasi
Diederich et al. (2022)	J. of the Association for Information Systems	369
Sindermann et al. (2021)	KI - Kunstliche Intelligenz	272
Dennis et al. (2023)	J. of Management Information Systems	204
Silva & Bonetti (2021)	J. of Retailing and Consumer Services	163
Moore et al. (2022)	J. of Retailing and Consumer Services	109
Hu & Ma (2023)	J. of Retailing and Consumer Services	104
Dallel et al. (2023)	Engineering Applications of AI	93
Sung et al. (2022)	Computers in Human Behavior	92
Li et al. (2021)*	Current Oncology	83
Wang et al. (2024)*	IEEE Trans. on Mobile Computing	81

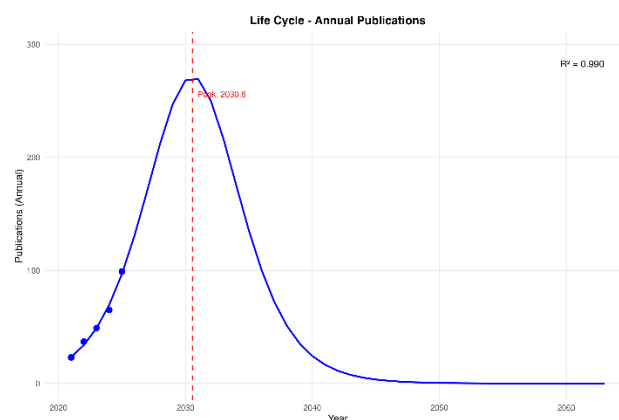
Perbandingan jumlah sitasi antara dokumen peringkat pertama (Diederich et al., 2022, dengan 369 sitasi) dan dokumen peringkat kesepuluh (81 sitasi) menunjukkan rentang yang sangat lebar, mengindikasikan pola distribusi dampak sitasi yang sangat timpang (skewed), sebuah karakteristik umum pada bidang riset yang baru berkembang di mana segelintir artikel perintis atau artikel yang menyajikan kerangka konseptual besar (seperti tinjauan sistematis desain agen percakapan oleh Diederich dkk.) cenderung menjadi rujukan utama bagi gelombang riset berikutnya. Pola distribusi sitasi yang timpang semacam ini konsisten dengan hukum kekuatan (power law) yang juga teramati pada distribusi produktivitas sumber (hukum Bradford) dan produktivitas penulis (hukum Lotka) pada bagian sebelumnya, menegaskan bahwa fenomena konsentrasi dampak pada segelintir unit analisis merupakan pola berulang yang konsisten di berbagai dimensi bibliometrik korpus ini.

Temuan ini memperkuat argumen bahwa riset virtual human berbasis AI berkembang pada dua jalur paralel: jalur teknis-rekayasa (dominan secara kuantitas, sebagaimana tercermin pada analisis sumber jurnal) dan jalur

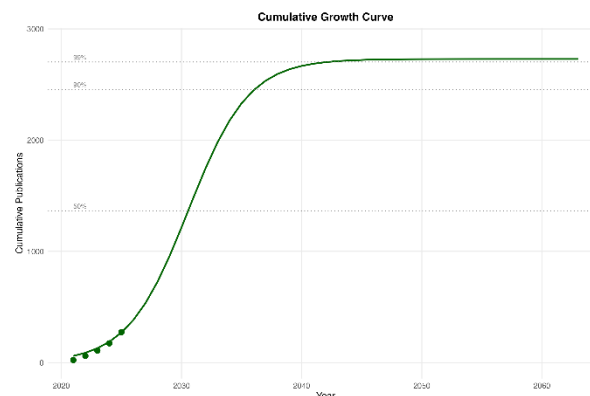
keperilakuan-sosial (dominan secara dampak sitasi), sebuah pola yang konsisten dengan model dwi-jalur inovasi teknologi (dual-track technology diffusion) yang membedakan antara penyebaran kapabilitas teknis dan penyebaran penerimaan sosial suatu teknologi baru. Implikasi praktisnya bagi peneliti yang ingin memaksimalkan dampak sitasi karya mereka, mengangkat dimensi berperilaku dan kepercayaan pengguna terhadap virtual human tampak menjadi strategi yang secara empiris terbukti menghasilkan dampak ilmiah lebih tinggi dibandingkan kontribusi teknis semata pada korpus ini.

Model Siklus Hidup dan Proyeksi Pertumbuhan Kumulatif

Gambar 10 dan Gambar 11 menampilkan hasil fitting model pertumbuhan matematis (goodness of fit $R^2 = 0,990$) terhadap data lima titik observasi tahun 2021-2025, yang memproyeksikan puncak produksi tahunan pada titik waktu 2030,6 dengan kurva menurun secara asimtotik hingga mendekati nol pada dekade 2050-an-2060-an, serta kurva kumulatif yang mencapai 90% dari total proyeksi sekitar tahun 2037 dan 99% sekitar tahun 2043. Penting untuk ditegaskan bahwa titik-titik pada rentang 2026-2060-an merupakan hasil ekstrapolasi model matematis (kemungkinan model logistik atau Gompertz yang lazim digunakan Bibliometrix untuk pemodelan siklus hidup topik), bukan data observasi aktual, sehingga proyeksi ini tidak dapat diverifikasi secara empiris dari dataset dan harus dimaknai sebagai skenario indikatif, bukan prediksi pasti.



Gambar 10. Model Siklus Hidup Publikasi Tahunan (Life Cycle - Annual Publications)



Gambar 11. Kurva Pertumbuhan Kumulatif (Cumulative Growth Curve)

Nilai R^2 yang tinggi pada data lima titik observasi menunjukkan model tersebut cocok secara matematis dengan data historis yang tersedia, namun kekuatan prediktif jangka panjang dari model yang difitting pada hanya lima titik data tetap memiliki keterbatasan metodologis serius yang perlu diungkapkan secara eksplisit pada bagian Keterbatasan Penelitian. Sebagai perbandingan, apabila tren pertumbuhan aktual pada Tabel 2 diekstrapolasikan secara linear sederhana tanpa asumsi pelandaian, jumlah artikel pada 2026 dapat diperkirakan berada jauh di atas 99 artikel, sebuah proyeksi yang jelas berbeda dari kurva asimtotik model siklus hidup Bibliometrix perbedaan ini menegaskan bahwa hasil proyeksi jangka panjang sangat sensitif terhadap asumsi bentuk fungsional model yang digunakan.

Meskipun demikian, pola umum yang ditunjukkan oleh kedua model yakni bahwa bidang virtual human berbasis AI kemungkinan akan terus tumbuh dalam beberapa tahun ke depan sebelum akhirnya mengalami pelandaian pada suatu titik di masa mendatang tetap memberikan wawasan strategis yang berguna. Implikasi

praktisnya, jendela waktu antara saat ini hingga proyeksi puncak siklus hidup (pertengahan dekade 2030-an menurut model ini) dapat dipandang sebagai periode strategis bagi peneliti dan institusi yang ingin membangun kontribusi awal pada bidang ini sebelum tingkat kompetisi akademik mencapai puncaknya, sebagaimana lazim terjadi pada bidang-bidang riset teknologi lain yang telah melalui siklus hidup serupa di masa lalu.

Sintesis Fase Perkembangan Bidang Riset

Secara keseluruhan, temuan bibliometrik pada penelitian ini menegaskan bahwa bidang virtual human berbasis artificial intelligence berada pada fase pertumbuhan cepat (growth stage) yang belum matang secara struktural. Tiga indikator saling menguatkan simpulan ini: pertama, pertumbuhan eksponensial jumlah publikasi (Gambar 1) yang khas fase awal siklus hidup teknologi; kedua, distribusi produktivitas penulis yang sangat timpang dengan mayoritas penulis berkontribusi tunggal (Gambar 4), menandakan belum terbentuknya invisible college yang solid; dan ketiga, fragmentasi jaringan kata kunci menjadi tiga kluster yang belum sepenuhnya terintegrasi (Gambar 7), menandakan belum adanya paradigma tunggal yang menyatukan pendekatan teknis, aplikatif, dan metodologis. Pola ini konsisten dengan tahapan awal Kuhnian dalam perkembangan bidang ilmiah, di mana berbagai kelompok riset bekerja secara relatif independen sebelum terbentuknya konsensus paradigmatik.

Ketiga indikator tersebut tidak berdiri sendiri, melainkan saling terkait secara kausal maupun korelatif. Pertumbuhan eksponensial publikasi yang belum melandai (Bagian 3.2) secara alami menyulitkan konsolidasi penulis, karena jumlah peneliti baru yang masuk ke bidang ini terus bertambah lebih cepat dibandingkan waktu yang dibutuhkan segelintir peneliti untuk membangun rekam jejak publikasi yang mendalam pada topik yang sama, sehingga menghasilkan distribusi produktivitas penulis yang sangat landai sebagaimana ditunjukkan oleh nilai Beta Lotka yang tinggi namun volume kontribusi absolut yang tetap rendah (Bagian 3.4). Pada gilirannya, masuknya gelombang peneliti baru secara terus-menerus dari berbagai latar belakang disiplin turut menyumbang pada fragmentasi terminologi dan kluster tematik, karena setiap kelompok riset cenderung membawa kerangka konseptual dan kosakata dari disiplin asalnya masing-masing ke dalam wacana virtual human.

Dengan demikian, ketiga pola bibliometrik ini dapat dipahami sebagai manifestasi dari satu fenomena mendasar yang sama, yaitu bidang virtual human berbasis AI sedang mengalami fase ekspansi cepat yang didorong oleh terobosan teknologi generative AI, namun ekspansi tersebut terjadi lebih cepat dibandingkan laju konsolidasi epistemik dan sosial dari komunitas risetnya. Implikasi mendasar dari pemahaman ini adalah bahwa kontribusi teoretis yang berhasil menyatukan berbagai kluster tematik yang teridentifikasi pada penelitian ini berpotensi memberikan dampak ilmiah yang signifikan, karena bidang ini secara struktural memang sedang membutuhkan kerangka pemersatu.

Pola Geografis dan Pembagian Peran Riset Global

Dari sisi geografis, dominasi Tiongkok yang jauh melampaui negara lain (Tabel 4, Gambar 5) memperlihatkan bahwa pertumbuhan riset virtual human berbasis AI tidak terjadi secara merata secara global, melainkan terkonsentrasi pada negara-negara dengan ekosistem industri digital dan platform commerce yang matang. Hal ini sejalan dengan pola yang ditemukan pada studi virtual streamer di industri live streaming commerce Tiongkok (Hu & Ma, 2023; Wang et al., 2025) serta kajian digital human dalam pemasaran destinasi (Huang et al., 2025). Sebaliknya, dominasi tema keperilakuan dan kepercayaan pada dokumen paling banyak disitasi (Tabel 7) justru lebih banyak berasal dari kelompok riset di Amerika Serikat dan Eropa, mengindikasikan pembagian peran implisit antara negara yang memproduksi inovasi teknis dan negara yang memproduksi kerangka evaluatif serta etis terhadap teknologi tersebut pola yang juga tercermin pada kajian etika digital human untuk mengatasi kesepian dan isolasi sosial (Jecker et al., 2024) serta persepsi sosial terhadap virtual human lintas konteks (Gerlich, 2024).

Pembagian peran semacam ini, meskipun secara fungsional saling melengkapi, juga membawa risiko struktural yang perlu dicermati. Apabila riset teknis dan riset normatif-etis terus berkembang secara terpisah pada kelompok negara yang berbeda tanpa mekanisme integrasi yang memadai, terdapat risiko bahwa inovasi teknis virtual human berkembang lebih cepat dibandingkan pemahaman mengenai implikasi etis dan sosialnya, sebuah kesenjangan yang berpotensi menimbulkan masalah tata kelola teknologi di kemudian hari. Kolaborasi lintas kawasan yang teridentifikasi pada peta jaringan (Gambar 5), khususnya antara Tiongkok dan Amerika Serikat, dapat dipandang sebagai mekanisme alami yang mulai menjembatani kesenjangan ini, meskipun intensitasnya perlu terus diperkuat mengingat skala tantangan etis yang dihadapi bidang ini semakin kompleks seiring kemajuan teknologi generative AI.

Pola geografis ini juga memiliki implikasi penting bagi negara-negara yang belum terwakili signifikan dalam peta kolaborasi, termasuk Indonesia dan sebagian besar kawasan Asia Tenggara. Ketidadaan representasi ini berarti bahwa kerangka teknis maupun etis yang saat ini berkembang secara global mayoritas dibentuk berdasarkan konteks sosial, budaya, dan regulasi negara-negara maju atau negara dengan ekosistem industri

digital yang sudah matang, tanpa mempertimbangkan secara memadai kebutuhan dan karakteristik pengguna di kawasan berkembang. Kondisi ini memperkuat urgensi bagi negara-negara seperti Indonesia untuk mulai membangun kapasitas riset mandiri pada topik ini, alih-alih hanya menjadi konsumen pasif dari teknologi dan kerangka evaluasi yang dikembangkan di tempat lain.

Paradoks Posisi Tematik Virtual Human

Peta tematik strategis (Gambar 9, Tabel 6) memberikan wawasan penting bagi arah pengembangan konseptual bidang ini. Posisi "virtual human" dan "virtual humans" pada kuadran niche themes, alih-alih pada kuadran motor themes, mengindikasikan sebuah paradoks: meskipun "virtual human" merupakan objek sentral yang menjadi fokus utama penelitian ini, secara bibliometrik istilah tersebut belum menjadi simpul penghubung utama dalam jaringan tema secara keseluruhan. Kondisi ini dapat dijelaskan oleh dua kemungkinan yang saling melengkapi: (1) penulis pada bidang ini cenderung menggunakan istilah turunan yang lebih spesifik seperti "digital human", "avatar", "conversational agent", atau "virtual streamer" alih-alih istilah generik "virtual human", sehingga ko-kemunculannya dengan tema inti "artificial intelligence" menjadi lebih tersebar; dan (2) riset mengenai virtual human sebagai konsep utuh (mencakup aspek teknis, keperilakuan, dan etis secara terintegrasi) masih relatif jarang dilakukan dibandingkan riset yang berfokus pada subaspek tertentu saja, sebagaimana ditunjukkan oleh survei komprehensif virtual human yang justru menjadi salah satu dari sedikit upaya integrasi (Cui & Liu, 2023).

Paradoks ini memiliki implikasi metodologis penting bagi peneliti yang hendak melakukan tinjauan literatur atau studi bibliometrik lanjutan pada topik serupa. Ketergantungan yang berlebihan pada satu istilah pencarian tunggal, seperti "virtual human" saja, berisiko melewatkan sebagian besar literatur relevan yang menggunakan istilah turunan seperti "digital human", "avatar", atau "conversational agent". Penelitian ini sendiri mengantisipasi risiko tersebut melalui penggunaan boolean string yang menggabungkan sepuluh varian istilah objek (virtual human/humans, digital human/humans, virtual person/people, virtual character/characters, digital character/characters), sebuah strategi yang terbukti penting mengingat sebaran istilah yang ditunjukkan pada diagram sankey (Gambar 8) dan jaringan ko-kemunculan kata kunci (Gambar 7).

Lebih jauh, paradoks posisi tematik ini juga dapat dibaca sebagai indikasi bahwa komunitas riset virtual human belum sepenuhnya mengklaim identitas keilmuannya sendiri, melainkan masih beroperasi sebagai subbidang aplikatif dari disiplin-disiplin induk yang lebih besar seperti kecerdasan buatan, grafika komputer, atau sistem informasi. Situasi ini wajar terjadi pada bidang riset interdisipliner yang baru berkembang, namun juga menyiratkan peluang strategis: peneliti yang berhasil memposisikan "virtual human" sebagai kerangka konseptual independen yang mengintegrasikan dimensi teknis, keperilakuan, dan etis secara eksplisit berpotensi memberikan kontribusi paradigmatik yang signifikan bagi konsolidasi identitas keilmuan bidang ini ke depan.

Kesenjangan pada Tema Rendering dan Visual

Temuan mengenai kluster declining/emerging themes yang mencakup "image processing", "video generation", dan "photo-realistic" (Tabel 6) juga patut dicermati. Rendahnya sentralitas dan densitas tema ini dalam korpus 2021-2025 tidak sepenuhnya mencerminkan rendahnya pentingnya tema tersebut secara teknologis sebaliknya, rendering wajah dan tubuh manusia secara fotorealistis merupakan komponen fundamental pembuatan digital human berkualitas tinggi, sebagaimana ditunjukkan pada survei rendering wajah tiga dimensi (Zhang, Su, et al., 2024) dan sistem animasi digital human berbasis diffusion model (Zhou et al., 2024). Kemungkinan penjelasannya adalah riset pada subtema ini lebih banyak dipublikasikan pada jalur prosiding konferensi grafika komputer (seperti SIGGRAPH atau CVPR) yang tidak tercakup dalam kriteria inklusi "jenis sumber: jurnal" pada penelitian ini, sebuah keterbatasan metodologis yang diuraikan lebih lanjut pada bagian Keterbatasan Penelitian.

Kesenjangan cakupan ini memiliki implikasi penting bagi interpretasi keseluruhan peta tematik pada penelitian ini: pembaca perlu memahami bahwa posisi rendah tema rendering fotorealistis pada peta tematik strategis lebih mencerminkan bias sumber data (source coverage bias) dibandingkan realitas objektif tingkat kepentingan tema tersebut dalam ekosistem riset virtual human secara keseluruhan. Sebagai perbandingan tidak langsung, tingginya frekuensi istilah terkait grafika tiga dimensi pada jaringan ko-kemunculan kata kunci (Gambar 7), seperti "3d modeling", "facial expressions", dan "interactive computer graphics", tetap mengindikasikan bahwa komunitas riset yang tercakup dalam korpus jurnal ini pun menyadari pentingnya dimensi visual-teknis tersebut, meskipun belum cukup terkonsentrasi untuk membentuk kluster tematik yang matang dalam korpus jurnal semata.

Implikasi praktisnya, peneliti dan mahasiswa yang hendak melakukan tinjauan literatur komprehensif mengenai aspek rendering dan visualisasi digital human perlu melengkapi pencarian pada basis data jurnal dengan penelusuran pada basis data prosiding konferensi seperti ACM Digital Library atau IEEE Xplore Conference Proceedings, guna memperoleh gambaran yang lebih utuh mengenai perkembangan riset pada

subtema teknis tersebut, yang kemungkinan besar berkembang jauh lebih pesat dibandingkan yang tercermin pada korpus jurnal penelitian ini semata.

Integrasi Temuan dan Benang Merah Pembahasan

Integrasi keseluruhan analisis menegaskan bahwa penelitian virtual human berbasis artificial intelligence merupakan bidang yang secara kuantitatif didominasi orientasi teknis (analisis sumber jurnal dan kata kunci), namun secara kualitatif diukur melalui dampak sitasi lebih dipengaruhi oleh riset yang mengangkat dimensi keperilakuan, kepercayaan, dan etika interaksi manusia dengan entitas virtual. Kesenjangan antara volume publikasi teknis dan dampak sitasi riset keperilakuan ini merupakan salah satu temuan paling signifikan dari penelitian ini dan menjadi dasar utama perumusan agenda penelitian masa depan pada bagian berikutnya.

Benang merah yang menghubungkan seluruh temuan pada bagian Hasil mulai dari pertumbuhan publikasi yang eksponensial, konsentrasi geografis pada Tiongkok dan Amerika Serikat, fragmentasi kluster tematik, hingga paradoks posisi "virtual human" pada kuadran niche secara konsisten menunjuk pada satu simpulan utama: bidang riset ini berada pada persimpangan penting antara momentum pertumbuhan teknis yang sangat cepat dan kebutuhan mendesak akan integrasi konseptual serta kerangka evaluatif keperilakuan-etis yang belum sepenuhnya terbentuk. Pemahaman terhadap persimpangan ini menjadi kunci bagi peneliti, institusi, dan pembuat kebijakan dalam merancang strategi dan investasi riset yang tepat sasaran pada bidang virtual human berbasis kecerdasan buatan ke depan.

Sebagai penutup bagian Pembahasan, penting ditegaskan bahwa seluruh interpretasi di atas dibangun secara ketat berdasarkan bukti empiris yang tercermin pada tabel dan gambar hasil analisis, tanpa menambahkan asumsi atau data yang tidak dapat diverifikasi dari dataset penelitian. Kehati-hatian metodologis ini penting dijaga mengingat sifat bidang riset yang masih dinamis, agar simpulan yang dihasilkan tetap dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan menjadi rujukan yang kredibel bagi pengembangan riset virtual human berbasis AI selanjutnya, baik di tingkat global maupun di konteks nasional Indonesia.

Simpulan

Penelitian ini memetakan struktur dan tren penelitian virtual human berbasis artificial intelligence pada 273 artikel jurnal terindeks Scopus periode 2021-2025. Hasil menunjukkan pertumbuhan publikasi yang meningkat lebih dari empat kali lipat dari 2021 ke 2025, terkonsentrasi pada jurnal-jurnal berorientasi rekayasa dan multimedia (24 jurnal zona inti menurut hukum Bradford), dengan struktur produktivitas penulis yang belum terkonsolidasi ($Beta\ Lotka = 3,15$, mayoritas penulis berkontribusi tunggal). Secara geografis, Tiongkok, Amerika Serikat, dan Korea Selatan menjadi tiga kontributor utama, dengan Tiongkok mendominasi secara signifikan. Struktur tematik menunjukkan "artificial intelligence", "deep learning", dan "virtual reality" sebagai motor themes yang matang dan tersambung luas, sementara "virtual humans" dan "digital humans" meskipun menjadi objek sentral penelitian ini justru berada pada posisi niche themes yang mengindikasikan integrasi konseptual yang masih terbatas dengan tema inti kecerdasan buatan. Dokumen paling berpengaruh secara sitasi didominasi riset keperilakuan mengenai kepercayaan dan penerimaan pengguna terhadap agen dan entitas virtual, menegaskan bahwa dimensi psikologis-sosial memiliki dampak ilmiah yang tidak kalah penting dibandingkan dimensi teknis semata.

Referensi

- Ahmić, A., & Ćosić, M. (2025). Digital human resource management influence on the organizational resilience. *Organization Management Journal*, 22(2), 111–125. <https://doi.org/10.1108/OMJ-09-2024-2299>
- Bennett, E. E., & McWhorter, R. R. (2022). Dancing in the paradox: Virtual human resource development, online teaching, and learning. *Advances in Developing Human Resources*, 24(2), 99–116. <https://doi.org/10.1177/15234223221079440>
- Cui, L., & Liu, J. (2023). Virtual human: A comprehensive survey on academic and applications. *IEEE Access*, 11, 123830–123845. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3329573>
- Dallel, M., Havard, V., Dupuis, Y., & Baudry, D. (2023). Digital twin of an industrial workstation: A novel method of an auto-labeled data generator using virtual reality for human action recognition in the context of human-robot collaboration. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 118, 105655. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105655>

- Dennis, A. R., Lakhiwal, A., & Sachdeva, A. (2023). AI agents as team members: Effects on satisfaction, conflict, trustworthiness, and willingness to work with. *Journal of Management Information Systems*, 40(2), 307–337. <https://doi.org/10.1080/07421222.2023.2196773>
- Diederich, S., Brendel, A. B., Morana, S., & Kolbe, L. (2022). On the design of and interaction with conversational agents: An organizing and assessing review of human-computer interaction research. *Journal of the Association for Information Systems*, 23(1), 96–138. <https://doi.org/10.17705/1jais.00724>
- Ericsson, E., & Johansson, S. (2023). English speaking practice with conversational AI: Lower secondary students' educational experiences over time. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 5, 100164. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100164>
- Ericsson, E., Sofkova Hashemi, S., & Lundin, J. (2023). Fun and frustrating: Students' perspectives on practising speaking English with virtual humans. *Cogent Education*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2170088>
- Gerlich, M. (2024). Societal perceptions and acceptance of virtual humans: Trust and ethics across different contexts. *Social Sciences*, 13(10), 516. <https://doi.org/10.3390/socsci13100516>
- Guerreiro, M. P., Angelini, L., Henriques, H. R., Kamali, M. E., Baixinho, C., Balsa, J., Félix, I. B., Khaled, O. A., Carmo, M. B., Cláudio, A. P., Caon, M., Daher, K., Alexandre, B., Padinha, M., & Mugellini, E. (2021). Conversational agents for health and well-being across the life course: Protocol for an evidence map. *JMIR Research Protocols*, 10(9). <https://doi.org/10.2196/26680>
- Hemminki-Reijonen, U., Hassan, N. M. A. M., Huutilainen, M., Koivisto, J.-M., & Cowley, B. U. (2025). Design of generative AI-powered pedagogy for virtual reality environments in higher education. *npj Science of Learning*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41539-025-00326-1>
- Hu, H.-H., & Ma, F. (2023). Human-like bots are not humans: The weakness of sensory language for virtual streamers in livestream commerce. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 75, 103541. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2023.103541>
- Huang, D., Fung So, K. K., Huang, J., & Huang, S. S. (2025). Exploring the attractiveness of digital human influencers in destination marketing: The allure of two-path meaning transfer. *Tourism Management*, 110, 105166. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2025.105166>
- Jecker, N. S., Sparrow, R., Lederman, Z., & Ho, A. (2024). Digital humans to combat loneliness and social isolation: Ethics concerns and policy recommendations. *Hastings Center Report*, 54(1), 7–12. <https://doi.org/10.1002/hast.1562>
- Kim, B.-S., & Seo, S. (2022). Intelligent digital human agent service with deep learning based-face recognition. *IEEE Access*, 10, 72794–72805. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3188852>
- Kim, D., & Jo, D. (2022). Effects on co-presence of a virtual human: A comparison of display and interaction types. *Electronics*, 11(3), 367. <https://doi.org/10.3390/electronics11030367>
- Kum, J., & Lee, M. (2022). Can gestural filler reduce user-perceived latency in conversation with digital humans? *Applied Sciences*, 12(21), 10972. <https://doi.org/10.3390/app122110972>
- Lan, C., Wang, Y., Wang, C., Song, S., & Gong, Z. (2023). Application of ChatGPT-based digital human in animation creation. *Future Internet*, 15(9), 300. <https://doi.org/10.3390/fi15090300>
- Lăzăroiu, G., Gedeon, T., Szpilko, D., & Halicka, K. (2024). Digital twin-based alternate ego modeling and simulation: Eva Herzigová as a 3D MetaHuman avatar. *Engineering Management in Production and Services*, 16(3), 1–14. <https://doi.org/10.2478/emj-2024-0020>
- Loveys, K., Sagar, M., Antoni, M., & Broadbent, E. (2023). The impact of virtual humans on psychosomatic medicine. *Psychosomatic Medicine*, 85(7), 619–626. <https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000001227>
- McWhorter, R. R. (2023). Virtual human resource development: Definitions, challenges, and opportunities. *Human Resource Development Review*, 22(4), 582–601. <https://doi.org/10.1177/15344843231188820>
- Moore, S., Bulmer, S., & Elms, J. (2022). The social significance of AI in retail on customer experience and shopping practices. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 64, 102755. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102755>
- Mu, X., Zhang, H., Shi, J., Hou, J., Ma, J., & Yang, Y. (2024). Fashion intelligence in the Metaverse: Promise and future prospects. *Artificial Intelligence Review*, 57(3). <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10703-8>

- Nah, K., Oh, S., Han, B., Kim, H., & Lee, A. (2022). A study on the user experience to improve immersion as a digital human in lifestyle content. *Applied Sciences*, 12(23), 12467. <https://doi.org/10.3390/app122312467>
- Newman, S. A., & Gopalkrishnan, S. (2023). The prospect of digital human communication for organizational purposes. *Frontiers in Communication*, 8. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2023.1200985>
- Ni, Q. (2022). Deep neural network model construction for digital human resource management with human-job matching. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/1418020>
- Niu, L., Xie, W., Wang, D., Cao, Z., & Liu, X. (2024). Audio2AB: Audio-driven collaborative generation of virtual character animation. *Virtual Reality and Intelligent Hardware*, 6(1), 56–70. <https://doi.org/10.1016/j.vrih.2023.08.006>
- Oliveira, F. G. de, Belitski, M., Kakabadse, N., & Theodorakopoulos, N. (2025). Unveiling the potential of digital human avatars in modern marketing strategies. *International Marketing Review*, 42(4), 527–555. <https://doi.org/10.1108/IMR-12-2023-0339>
- Qu, Y., Lo, C. K. Y., & Baek, E. (2025). From humanoid to virtual humans: A systematic literature review of avatar marketing. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 41(20), 12602–12621. <https://doi.org/10.1080/10447318.2025.2464889>
- Schroeder, N. L., Chiou, E. K., & Craig, S. D. (2021). Trust influences perceptions of virtual humans, but not necessarily learning. *Computers and Education*, 160, 104039. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.104039>
- Seymour, M., Yuan, L., Riemer, K., & Dennis, A. R. (2025). Less artificial, more intelligent: Understanding affinity, trustworthiness, and preference for digital humans. *Information Systems Research*, 36(2), 1096–1128. <https://doi.org/10.1287/isre.2022.0203>
- Shah, T. R., Purohit, S., Das, M., & Arulsivakumar, T. (2025). Do I look real? Impact of digital human avatar influencer realism on consumer engagement and attachment. *Journal of Consumer Marketing*, 42(4), 416–430. <https://doi.org/10.1108/JCM-05-2024-6853>
- Silva, E. S., & Bonetti, F. (2021). Digital humans in fashion: Will consumers interact? *Journal of Retailing and Consumer Services*, 60, 102430. <https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2020.102430>
- Sindermann, C., Sha, P., Zhou, M., Wernicke, J., Schmitt, H. S., Li, M., Sariyska, R., Stavrou, M., Becker, B., & Montag, C. (2021). Assessing the attitude towards artificial intelligence: Introduction of a short measure in German, Chinese, and English language. *KI - Künstliche Intelligenz*, 35(1), 109–118. <https://doi.org/10.1007/s13218-020-00689-0>
- Song, Y., & Xiong, W. (2025). Large language model-driven 3D hyper-realistic interactive intelligent digital human system. *Sensors*, 25(6), 1855. <https://doi.org/10.3390/s25061855>
- Spyrou, O., Hurst, W., & Krampe, C. (2025). A reference architecture for virtual human integration in the Metaverse: Enhancing the galleries, libraries, archives, and museums (GLAM) sector with AI-driven experiences. *Future Internet*, 17(1), 36. <https://doi.org/10.3390/fi17010036>
- Sun, Y., Sun, Z., Wen, Y.-H., Ye, S., Lv, T., Yu, M., Yi, R., Gao, L., & Liu, Y.-J. (2023). Generation of virtual digital human for customer service industry. *Computers & Graphics*, 115, 359–370. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2023.07.018>
- Sung, E. C., Danny Han, D.-I., Bae, S., & Kwon, O. (2022). What drives technology-enhanced storytelling immersion? The role of digital humans. *Computers in Human Behavior*, 132, 107246. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107246>
- Thunström, A. O., Carlsen, H. K., Ali, L., Larson, T., Hellström, A., & Steingrímsson, S. (2024). Usability comparison among healthy participants of an anthropomorphic digital human and a text-based chatbot as a responder to questions on mental health: Randomized controlled trial. *JMIR Human Factors*, 11. <https://doi.org/10.2196/54581>
- Vilchis, C., Perez-Guerrero, C., Mendez-Ruiz, M., & Gonzalez-Mendoza, M. (2023). A survey on the pipeline evolution of facial capture and tracking for digital humans. *Multimedia Systems*, 29(4), 1917–1940. <https://doi.org/10.1007/s00530-023-01081-2>

-
- Wang, S., Qiang, J., & Yao, K. (2025). How does artificial intelligence digital human live streaming increase TikTok consumer repeat purchase? Interaction between vividness, telepresence, credibility and trust. *Journal of Business Research*, 201, 115702. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2025.115702>
- Xie, X., & Fang, Z. (2024). Multi-modal emotional understanding in AI virtual characters: Integrating micro-expression-driven feedback within context-aware facial micro-expression processing systems. *Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications*, 15(3), 474–500. <https://doi.org/10.58346/JOWUA.2024.I3.031>
- Zhang, S., Jaldi, C. D., Schroeder, N. L., López, A. A., Gladstone, J. R., & Heidig, S. (2024). Pedagogical agent design for K-12 education: A systematic review. *Computers and Education*, 223, 105165. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2024.105165>
- Zhang, Y., Su, R., Yu, J., & Li, R. (2024). 3D facial modeling, animation, and rendering for digital humans: A survey. *Neurocomputing*, 598, 128168. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2024.128168>
- Zhang, Z., Wu, Y., Pan, Z., Li, W., & Su, Z. (2022). A novel animation authoring framework for the virtual teacher performing experiment in mixed reality. *Computer Applications in Engineering Education*, 30(2), 550–563. <https://doi.org/10.1002/cae.22472>
- Zhou, L., Zhao, J., & He, J. (2024). A diffusion modeling-based system for teaching dance to digital human. *Applied Sciences*, 14(19), 9084. <https://doi.org/10.3390/app14199084>