



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 production* dalam animasi digital: analisis bibliometrik mengungkap kesenjangan konseptualisasi dalam literatur global 2021-2025**

Andri Dermawan¹, Fahmi Rizal¹, Rijal Abdullah¹, Muhammad Anwar¹, Khayla Tsabita²

¹Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

²Sekolah Vokasi, Universitas Negeri Padang

Article Info

Article history:

Received Sept 18th, 2025

Revised Nov 22th, 2025

Accepted Des 26th, 2025

Keyword:

Virtual production,
Animasi digital,
Bibliometrik,
Vosviewer,
Real-time rendering,
Extended reality

ABSTRAK

Penelitian bibliometrik ini berfokus untuk memetakan struktur intelektual serta evolusi tematik dari virtual production dan persirisannya dengan industri animasi digital berdasarkan analisis terhadap 3.032 artikel jurnal terindeks Scopus pada rentang tahun 2021 hingga 2025. Hasil audit data menunjukkan adanya lonjakan tren publikasi yang sangat signifikan, yakni dari 343 dokumen pada tahun 2021 meningkat tajam menjadi 978 dokumen pada tahun 2025, dengan IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics tercatat sebagai sumber publikasi terbanyak. Melalui pemetaan co-occurrence kata kunci menggunakan VOSviewer, teridentifikasi beberapa kluster tematik yang mendominasi, seperti virtual reality, mixed reality, real-time rendering, deep learning, dan 3D reconstruction. Kendati demikian, temuan paling menarik dari studi ini mengungkapkan bahwa istilah "virtual production" secara eksplisit hanya muncul pada 5 dari total 3.032 dokumen atau sekitar 0,16% saja. Kondisi ini menyoroti adanya kesenjangan riset yang cukup lebar: sementara wacana ilmiah mengenai teknologi pendukungnya berkembang dengan pesat, konseptualisasi serta pelabelan eksplisit mengenai virtual production sebagai sebuah bidang kajian tersendiri—terutama dalam konteks industri animasi digital—masih sangat jarang diteliti secara langsung. Sebagai respons atas temuan tersebut, artikel ini mengusulkan agenda penelitian masa depan yang berorientasi pada penggabungan kajian teknis mutakhir seperti 3D Gaussian splatting dan digital twin dengan realitas praktik industri animasi. Melalui kontribusi ini, studi tersebut diharapkan mampu menghadirkan peta jalan konseptual yang komprehensif bagi para akademisi, praktisi, maupun pembuat kebijakan dalam mengarahkan pengembangan riset virtual production di masa mendatang.



© 2026 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:

Andri Dermawan,
Universitas Negeri Padang
Email: andridermawan@unp.ac.id

Pendahuluan

Industri visual global tengah mengalami transformasi mendasar akibat konvergensi antara teknologi rendering real-time, extended reality (XR), dan kecerdasan buatan generatif. Fenomena ini paling nyata terlihat pada berkembangnya virtual production, sebuah paradigma produksi yang menggabungkan panggung LED volumetrik, rekonstruksi 3D, motion capture, dan mesin rendering game (seperti Unreal Engine) untuk menghadirkan latar visual secara langsung pada saat proses pengambilan gambar berlangsung, alih-alih

mengandalkan pascaproduksi konvensional berbasis chroma-key. Adopsi teknologi ini oleh studio-studio besar dunia menandai pergeseran paradigma dari alur kerja linear (pra-produksi–produksi–pascaproduksi) menjadi alur kerja simultan yang mengintegrasikan aset digital sejak tahap awal produksi.

Pada skala global, perkembangan ini didorong oleh kematangan teknologi pendukung yang sangat pesat: rendering real-time berbasis neural radiance fields dan 3D Gaussian splatting yang memungkinkan rekonstruksi adegan fotorealistik dalam hitungan detik, digital twin yang menjembatani representasi fisik dan virtual, serta kecerdasan buatan yang mengotomasi animasi karakter dan sinematografi virtual. Pada skala regional, kawasan Asia Timur khususnya Tiongkok muncul sebagai episentrum produktivitas ilmiah pada domain teknologi pendukung ini, sejalan dengan investasi besar-besaran pada industri game, animasi, dan metaverse di kawasan tersebut. Pada skala nasional, Indonesia sebagai salah satu pasar animasi digital yang berkembang pesat di Asia Tenggara turut menghadapi tantangan adopsi virtual production, baik dari sisi kesiapan infrastruktur, sumber daya manusia, maupun basis pengetahuan ilmiah yang mendasarinya.

Di tengah pesatnya perkembangan praktik industri tersebut, muncul permasalahan penelitian yang mendasar: sejauh mana literatur ilmiah global yang terindeks pada basis data bereputasi seperti Scopus benar-benar memetakan virtual production sebagai bidang kajian yang koheren, ataukah wacana tersebut justru terserak di antara berbagai domain teknis yang lebih umum (virtual reality, mixed reality, real-time rendering, computer graphics) tanpa payung konseptual yang eksplisit. Pertanyaan ini penting karena tanpa pemetaan yang jelas terhadap struktur intelektual bidang ini, arah kebijakan riset, pendanaan, maupun kurikulum pendidikan vokasi dan STEM terkait virtual production berisiko tidak memiliki basis evidensi yang memadai.

Penelusuran awal terhadap dataset penelitian ini (lihat Tahap Audit dan Validasi Data pada bagian Metode) mengonfirmasi adanya research gap yang cukup mencolok: dari 3.032 artikel yang relevan dengan irisan tema rendering real-time, XR, dan animasi/CGI/VFX/digital media pada periode 2021–2025, hanya lima dokumen yang secara eksplisit mencantumkan “virtual production” sebagai kata kunci penulis. Kesenjangan antara volume penelitian pada teknologi pendukung yang sangat besar dan minimnya konseptualisasi eksplisit terhadap virtual production sebagai domain kajian tersendiri inilah yang menjadi urgensi utama studi ini. Novelty penelitian ini terletak pada penyajian peta bibliometrik pertama sejauh yang dapat diverifikasi dari dataset yang dianalisis yang secara eksplisit memosisikan virtual production sebagai simpul konseptual yang belum terbentuk kuat di tengah klaster-klaster tematik yang sudah mapan (virtual reality, real-time rendering, deep learning, 3D reconstruction, metaverse), sekaligus mengusulkan kerangka konseptual untuk mengarahkan riset masa depan pada irisan virtual production dan industri animasi digital.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk: (1) memetakan tren dan struktur intelektual penelitian pada domain teknologi pendukung virtual production periode 2021–2025; (2) mengidentifikasi klaster tematik dominan, tema pendukung, dan tema yang baru muncul (emerging topics) melalui analisis co-occurrence kata kunci; (3) mengidentifikasi kesenjangan penelitian (research gap) terkait konseptualisasi virtual production dalam industri animasi digital; dan (4) menyusun agenda penelitian masa depan yang berbasis bukti bibliometrik.

Metode

Data penelitian ini bersumber dari basis data Scopus (Elsevier), diakses melalui institusi Universitas Indonesia. Strategi pencarian Boolean yang digunakan adalah:

```
TITLE-ABS-KEY((((("virtual production" OR "real-time rendering" OR "virtual filmmaking" OR "virtual studio" OR "extended reality" OR XR OR "mixed reality" OR "virtual reality") AND (animation* OR "computer graphics" OR CGI OR VFX OR "digital media")))))
```

Pencarian awal tanpa pembatasan menghasilkan 32.438 dokumen. Proses seleksi dilakukan secara bertahap sebagai berikut (Tabel 1).

Table 1. Tahapan Seleksi Dokumen

Tahapan Seleksi	Kriteria	Jumlah Dokumen
Pencarian awal (Boolean, tanpa filter)	-	32.438
Filter tahun publikasi	2021-2025	9.452
Filter jenis sumber	Jurnal (Source type: Journal)	3.355
Filter jenis dokumen	Artikel (Document type: Article)	3.073
Filter tahap publikasi	Final (Publication stage: Final)	3.032

Tabel 1 disajikan untuk menunjukkan secara transparan bagaimana angka akhir 3.032 dokumen diperoleh, sekaligus menjadi dasar penilaian validitas seleksi data pada penelitian ini. Pola penyusutan dokumen pada tabel ini bersifat wajar dan dapat dijelaskan secara akademik: penyusutan terbesar terjadi pada tahap pembatasan tahun (dari 32.438 menjadi 9.452 dokumen), mencerminkan bahwa mayoritas literatur pada domain rendering real-time dan XR/VR memang terbit sebelum 2021, sedangkan pembatasan berikutnya (jenis sumber jurnal, jenis dokumen artikel, dan tahap publikasi final) menyusutkan dataset secara lebih terukur, dari 9.452 menjadi 3.032 dokumen. Pola penyusutan bertahap semacam ini merupakan praktik standar dalam metodologi bibliometrik untuk memastikan bahwa unit analisis akhir bersifat homogen (artikel jurnal, bukan campuran prosiding konferensi, buku, atau catatan editorial) dan telah melalui proses tinjauan sejawat penuh (Donthu, Kumar, Mukherjee, Pandey, & Lim, 2021). Konsistensi angka 3.032 pada narasi.docx dan pada jumlah baris CSV memperkuat keyakinan bahwa proses seleksi data pada penelitian ini telah dilakukan secara benar dan dapat direplikasi oleh peneliti lain yang menggunakan Boolean search yang sama pada Scopus.

Validasi dilakukan dengan membandingkan (1) jumlah dokumen pada narasi.docx, (2) jumlah baris data pada CSV ekspor Scopus, dan (3) boolean search yang tercantum pada tangkapan layar (screenshot) halaman “Analyze search results” Scopus. Ketiga sumber tersebut konsisten pada angka akhir 3.032 dokumen dan pada rumusan boolean search yang sama, sehingga CSV Scopus ditetapkan sebagai sumber data utama (Prioritas 1) sesuai hierarki sumber data yang ditetapkan dalam protokol penelitian ini.

Satu isu perlu dinyatakan secara eksplisit demi menjaga integritas analisis: dokumen dengan jumlah sitasi tertinggi dalam dataset (UCSF ChimeraX: Structure visualization for researchers, educators, and developers, Pettersen dkk., 2021, 6.957 sitasi) merupakan artikel dari domain visualisasi struktur molekuler/protein, bukan domain animasi atau virtual production. Kemunculannya dalam dataset kemungkinan besar disebabkan oleh irisan kata kunci umum seperti “visualization” dan “digital media” pada strategi Boolean yang bersifat luas. Dokumen ini tetap dilaporkan sebagai bagian dari audit data demi transparansi, tetapi tidak dijadikan dasar interpretasi tematik inti karena secara substantif berada di luar ruang lingkup topik penelitian.

Analisis bibliometrik dilakukan menggunakan VOSviewer untuk visualisasi jaringan co-occurrence kata kunci penulis (network visualization), visualisasi overlay berbasis waktu rata-rata publikasi (overlay visualization), dan visualisasi kepadatan (density visualization) (Van Eck & Waltman, 2010). Ketiga visualisasi ini diunggah oleh pengguna dan digunakan sebagai dasar interpretasi struktur tematik. Pendekatan ini konsisten dengan kerangka umum analisis bibliometrik berbasis performance analysis dan science mapping (Donthu, Kumar, Mukherjee, Pandey, & Lim, 2021), yang juga banyak diimplementasikan melalui perangkat lunak sejenis seperti bibliometrix/Biblioshiny (Aria & Cuccurullo, 2017), meskipun pada penelitian ini file mentah Bibliometrix tidak diunggah pengguna sehingga validasi silang dengan alat tersebut tidak dapat dilakukan. Analisis statistik deskriptif tambahan (distribusi tahun, sumber, penulis, negara, dan frekuensi kata kunci) dilakukan langsung terhadap file CSV menggunakan pemrosesan data terprogram untuk memastikan seluruh angka yang dilaporkan dapat ditelusuri kembali ke dataset asli.

Beberapa keterbatasan perlu dinyatakan secara eksplisit. Pertama, ekstraksi negara afiliasi penulis dilakukan secara otomatis dari field afiliasi (token terakhir setelah tanda koma) dan bersifat perkiraan kasar (rough estimation), bukan hasil pembersihan data (data cleaning) tingkat lanjut, sehingga sebaiknya diperlakukan sebagai indikasi tren, bukan angka final yang presisi. Kedua, penghitungan frekuensi nama penulis dilakukan berdasarkan string nama sebagaimana tercantum pada Scopus (misalnya “Zhang Y.”, “Wang Y.”) tanpa disambiguasi Author ID sepenuhnya, sehingga berpotensi mencampurkan penulis berbeda dengan nama yang mirip. Ketiga, informasi jumlah cluster, jumlah node, jumlah link, dan Total Link Strength yang presisi dari file VOSviewer (.vosviewer/.json) tidak diunggah oleh pengguna hanya gambar visualisasi (.png) yang tersedia sehingga angka-angka tersebut tidak dapat diverifikasi dari dataset dan sengaja tidak dicantumkan dalam artikel ini, sesuai prinsip anti-hallucination yang mendasari penelitian ini. Interpretasi terhadap peta VOSviewer pada bagian Hasil dan Pembahasan dilakukan secara kualitatif berdasarkan pengamatan visual atas ukuran node, warna klaster, dan posisi relatif kata kunci, bukan berdasarkan angka numerik yang tidak tersedia.

Hasil dan Pembahasan

Data menunjukkan peningkatan jumlah publikasi yang konsisten dan curam sepanjang periode pengamatan, dengan lonjakan paling tajam terjadi antara 2023 dan 2025 (dari 522 menjadi 978 dokumen, peningkatan 87,4%). Perlu dicatat bahwa data tahun 2025 kemungkinan belum genap satu tahun kalender penuh pada saat pengambilan data (Juli 2026 sebagai tanggal ekspor), sehingga angka ini kemungkinan masih akan terus bertambah pada basis data Scopus di masa mendatang.

Tabel 2. Tren Publikasi 2021–2025

Tahun	Jumlah Dokumen
2021	343
2022	475
2023	522
2024	714
2025	978

Tabel 3. Top 10 Sumber Publikasi

Peringkat	Sumber	Jumlah Dokumen
1	IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	477
2	IEEE Access	126
3	ACM Transactions on Graphics	83
4	Computer Graphics Forum	65
5	Computer-Aided Design and Applications	62
6	Applied Mathematics and Nonlinear Sciences	55
7	Computer Animation and Virtual Worlds	51
8	Virtual Reality	49
9	Applied Sciences (Switzerland)	48
10	Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction	44

Tabel 3 disajikan untuk mengidentifikasi jurnal mana yang menjadi wadah utama diseminasi penelitian pada domain ini, sekaligus menjadi indikator kualitas dan arah disiplin ilmu yang mendominasi bidang kajian. Dominasi IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (477 dokumen, atau sekitar 15,7% dari total dataset) menunjukkan bahwa penelitian pada domain rendering real-time, XR, dan animasi digital secara kelembagaan lebih dekat dengan komunitas ilmu komputer grafis (computer graphics community) dibandingkan dengan komunitas kajian media, film, atau industri kreatif. Pola ini konsisten dengan temuan pada Bagian 3.5, di mana kata kunci teknis (rendering, reconstruction, deep learning) jauh mendominasi dibandingkan kata kunci yang berorientasi industri atau produksi (virtual production, pipeline). Munculnya Computer-Aided Design and Applications dan Applied Mathematics and Nonlinear Sciences pada peringkat lima dan enam juga mengindikasikan bahwa sebagian penelitian pada dataset ini bersifat sangat teknis-matematis, sehingga relevansinya dengan praktik industri animasi perlu ditelaah lebih lanjut, bukan diasumsikan langsung. Pola ini juga konsisten dengan tumbuhnya sub-topik digital twin sebagai jembatan antara dunia fisik dan virtual pada konteks kota cerdas (Kuru, 2023) dan manajemen aset digital berbasis blockchain (Truong, Le, & Niyato, 2023), yang meski relevan secara teknis dengan virtual production, masih dipublikasikan sebagai bagian dari wacana metaverse yang lebih luas, bukan sebagai kajian virtual production tersendiri. Secara teoritis, konsentrasi publikasi pada segelintir sumber (10 jurnal teratas menyumbang kurang lebih 33% dari keseluruhan dataset) mengindikasikan adanya inti komunitas ilmiah (core journals) yang matang, sebuah pola yang lazim ditemukan pada bidang yang telah mapan secara metodologis meskipun konsep “virtual production” itu sendiri belum terkonsolidasi (lihat Bagian 4 dan 5). Implikasi praktisnya, peneliti yang ingin mempublikasikan kajian virtual production pada konteks animasi digital dapat menjadikan jurnal-jurnal ini sebagai sasaran utama, mengingat rekam jejak mereka dalam menerbitkan riset teknologi pendukung yang relevan.

Tabel 4. Top 10 Negara Berdasarkan Afiliasi Penulis (estimasi kasar)

Peringkat	Negara	Frekuensi Afiliasi
1	China	2.303
2	United States	917
3	Germany	429
4	South Korea	377
5	United Kingdom	279
6	France	243
7	Japan	243
8	Spain	191
9	Canada	182
10	Italy	170

Tabel 4 disajikan untuk memetakan sebaran geografis kontribusi ilmiah pada domain ini, sebagai dasar untuk menilai representasi kawasan dalam Research Gap (Bagian 5). Dominasi Tiongkok yang sangat mencolok (2.303 afiliasi, lebih dari dua kali lipat Amerika Serikat di peringkat kedua) sejalan dengan besarnya investasi negara tersebut pada industri game, animasi, dan ekosistem metaverse dalam beberapa tahun terakhir, serta banyaknya program studi dan pusat riset ilmu komputer grafis di universitas-universitas Tiongkok yang

berkontribusi pada jurnal-jurnal seperti IEEE TVCG. Amerika Serikat, Jerman, dan Korea Selatan pada peringkat berikutnya mengonfirmasi bahwa produktivitas riset pada domain ini masih terkonsentrasi pada negara-negara dengan industri teknologi visual dan hiburan digital yang mapan. Yang secara akademik penting untuk dicatat adalah tidak munculnya negara-negara Asia Tenggara, termasuk Indonesia, pada sepuluh besar ini sebuah observasi yang memperkuat argumen Research Gap pada Bagian 5 mengenai ketimpangan geografis riset virtual production, meskipun studi ini tidak dapat memverifikasi secara pasti peringkat atau jumlah kontribusi Indonesia karena keterbatasan cakupan data top-10 yang tersedia. Implikasi praktisnya, kolaborasi riset internasional dengan institusi di Tiongkok, Amerika Serikat, atau Eropa dapat menjadi jalur strategis bagi peneliti dari kawasan yang kurang terwakili untuk turut berkontribusi pada bidang ini.

Tabel 5. Top 10 Dokumen Paling Banyak Disitasi

Peringkat	Judul (disingkat)	Penulis Utama	Tahun	Sitasi
1	UCSF ChimeraX: Structure visualization... *	Pettersen dkk.	2021	6.957
2	3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering	Kerbl dkk.	2023	5.142
3	Metaverse beyond the hype...	Dwivedi dkk.	2022	2.479
4	Towards real-time photorealistic 3D holography with deep neural networks	Shi dkk.	2021	630
5	Fusing Blockchain and AI With Metaverse: A Survey	Yang dkk.	2022	436
6	A Full Dive Into Realizing the Edge-Enabled Metaverse	Xu dkk.	2023	396
7	A high-performance neuroprosthesis for speech decoding and avatar control	Metzger dkk.	2023	396
8	Defining the Metaverse: A Systematic Literature Review	Ritterbusch & Teichmann	2023	306
9	Immersive netnography...	Kozinets	2023	304
10	Body Avatar, and Me	Freeman & Maloney	2021	303

Tabel 5 disajikan untuk mengidentifikasi karya-karya yang paling berpengaruh dan paling banyak menjadi rujukan dalam domain ini, sebagai indikator dampak ilmiah (scientific impact) yang melengkapi indikator produktivitas pada Tabel 2–4. Setelah outlier ChimeraX disisihkan, dokumen paling berpengaruh adalah 3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering (Kerbl dkk., 2023) dengan 5.142 sitasi capaian yang sangat tinggi untuk artikel yang baru terbit dua tahun sebelum data ini diekstraksi, menandakan bahwa teknik ini telah menjadi rujukan arus utama (mainstream) secara sangat cepat dalam komunitas rendering grafis dan berpotensi besar menjadi fondasi teknis bagi virtual production generasi berikutnya. Tiga dokumen lain pada peringkat atas (Dwivedi dkk., 2022; Xu dkk., 2023; Ritterbusch & Teichmann, 2023) seluruhnya membahas metaverse, mengindikasikan bahwa wacana ilmiah bereputasi tinggi pada domain ini condong ke arah kajian konseptual dan kebijakan metaverse, bukan pada praktik teknis produksi visual itu sendiri. Pola ini menguatkan simpulan pada Bagian 4 dan 5 bahwa terdapat kesenjangan antara riset berdampak tinggi (high-impact) yang bersifat konseptual/kebijakan dengan riset teknis-praktis pada level produksi (virtual production, pipeline animasi) yang jumlahnya jauh lebih sedikit dan dampak sitasinya belum setinggi topik metaverse atau rendering neural. Implikasi teoritisnya, penelitian virtual production ke depan dapat memperoleh dampak ilmiah lebih besar apabila mampu menjembatani kedua kutub ini menghubungkan kematangan teknis rendering neural dengan kerangka konseptual metaverse dan implikasi kebijakan industrinya.

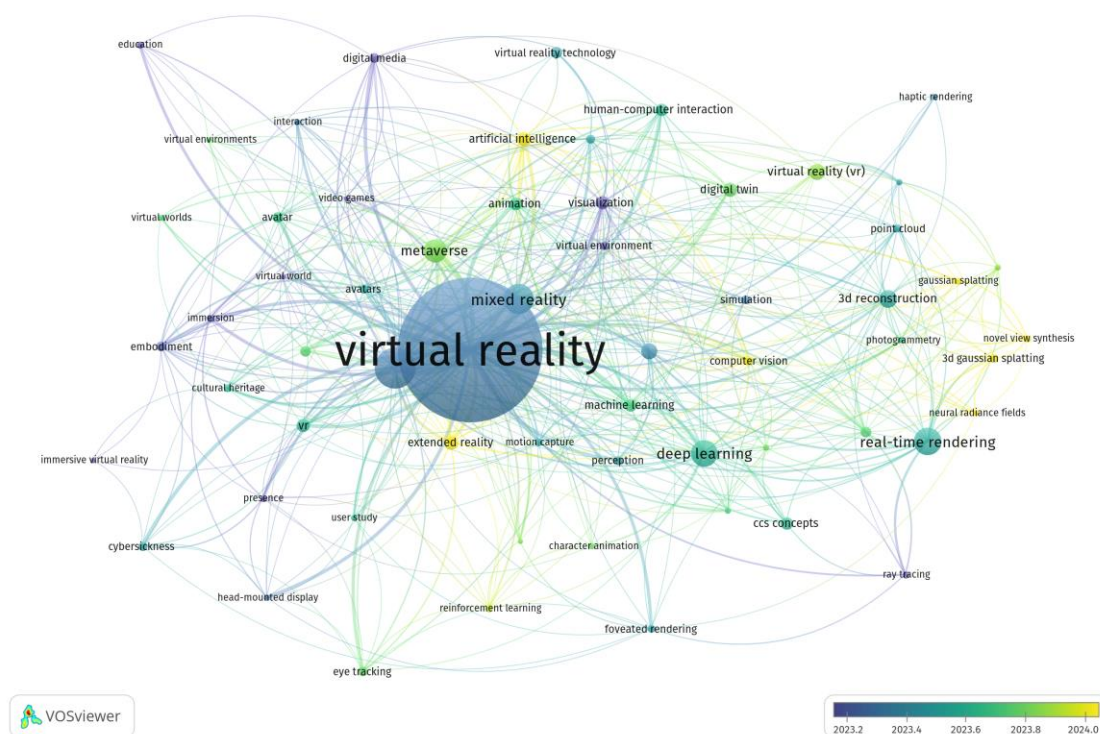
Tabel 6. Top 15 Kata Kunci Penulis (Author Keywords)

Peringkat	Kata Kunci	Frekuensi
1	virtual reality	916
2	augmented reality	183
3	mixed reality	124
4	real-time rendering	109
5	deep learning	106
6	metaverse	91
7	3D reconstruction	55
8	computer graphics	58
9	virtual reality (VR)	57
10	extended reality	50
11	artificial intelligence	48

sub-bidang psikologi pengguna VR yang telah cukup matang, sebagaimana ditunjukkan oleh penelitian mengenai pengaruh representasi avatar terhadap komunikasi interpersonal dalam lingkungan sosial virtual (Aseeri & Interrante, 2021) dan strategi mitigasi cybersickness melalui stimulasi taktil seluruh tubuh (Jung, Li, McKee, Whitton, & Lindeman, 2021). Sementara itu, klaster yang menghimpun motion capture dan character animation meskipun ukurannya relatif kecil pada peta ini didukung oleh penelitian teknis yang cukup matang mengenai animasi kerangka manusia berbasis pembelajaran mendalam (Mouroto, Hoyet, Le Clerc, Schnitzler, & Hellier, 2022) dan rekonstruksi gerak tubuh penuh dari data sensor yang jarang (Ponton, Yun, Aristidou, Andujar, & Pelechano, 2023). Secara khusus, tidak tampak adanya node “virtual production” pada peta ini, meskipun istilah tersebut merupakan salah satu kata kunci pencarian Boolean utama memperkuat temuan Tabel 6 bahwa virtual production belum terbentuk sebagai simpul konseptual yang berdiri sendiri, melainkan tersebar (didistribusikan) di antara klaster rendering real-time, mixed reality, dan animasi karakter.

Fenomena “istilah payung yang belum terkonsolidasi” ini sejalan dengan tahapan awal siklus hidup bidang ilmiah (emerging field lifecycle) sebagaimana dijelaskan dalam literatur bibliometrik: sebuah domain teknologi terapan sering kali berkembang lebih dahulu pada level teknis granular sebelum komunitas ilmiah menyepakati label konseptual pemersatu (Donthu, Kumar, Mukherjee, Pandey, & Lim, 2021). Pola serupa juga tercermin pada literatur mengenai metaverse, di mana Dwivedi dkk. (2022) mencatat bahwa istilah “metaverse” pada awal kemunculannya juga menghimpun riset yang sebelumnya berjalan terpisah di bawah label XR, avatar, dan dunia virtual, sebelum akhirnya terkonsolidasi menjadi bidang kajian tersendiri pascatahun 2021 pola konsolidasi konseptual yang juga dilaporkan pada survei komprehensif interaksi manusia-lingkungan virtual generasi terbaru (Wang, Wang, & Siau, 2025) dan survei manusia virtual (Cui & Liu, 2023).

Temuan ini menyarankan perlunya kerangka konseptual eksplisit yang memosisikan virtual production sebagai meta-domain yang menaungi rendering real-time, motion capture, digital twin, dan integrasi panggung LED, alih-alih membiarkannya tersebar tanpa payung konseptual pada literatur akademik. Bagi institusi pendidikan vokasi dan STEM yang tengah menyusun kurikulum virtual production, temuan ini mengindikasikan perlunya kurikulum yang secara sengaja mengintegrasikan topik-topik yang secara bibliometrik masih terpisah (rendering real-time, motion capture, color science, sinematografi virtual) di bawah kerangka virtual production yang koheren, karena literatur ilmiah belum menyediakan sintesis semacam ini secara memadai.

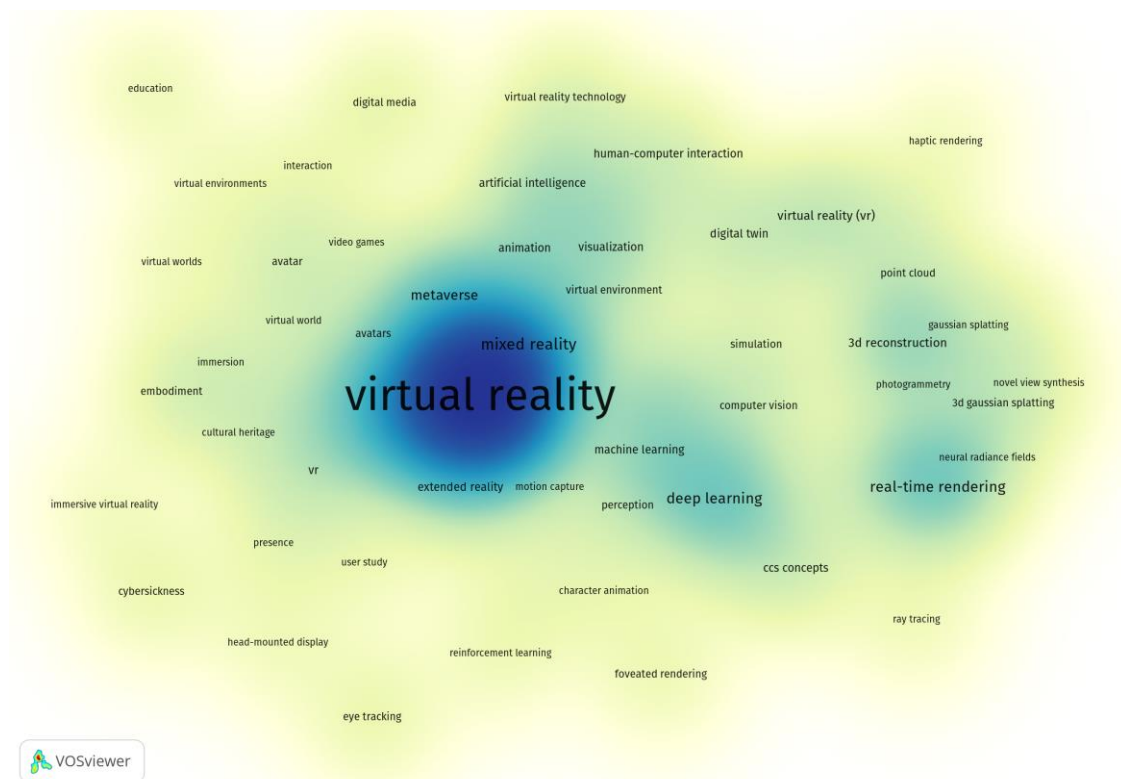


Gambar 2. Overlay Visualization berbasis rata-rata tahun publikasi hasil VOSviewer

Gambar 2. menampilkan rata-rata tahun publikasi (average publication year) pada setiap kata kunci melalui gradasi warna, dari ungu-biru (lebih lama, sekitar 2023,2) hingga kuning (lebih baru, sekitar 2024,0). kata kunci

seperti “artificial intelligence”, “extended reality”, dan “visualization” tampil dengan warna kuning-hijau muda, mengindikasikan rata-rata publikasi yang lebih baru, sementara “digital media”, “education”, “virtual environments”, dan “ray tracing” cenderung berwarna ungu-biru tua, mengindikasikan rata-rata publikasi yang relatif lebih lama pada skala warna yang ditampilkan. Node-node pada klaster kanan seperti “gaussian splatting”, “3D gaussian splatting”, dan “novel view synthesis” tampil dengan rona hijau-kuning, konsisten dengan kemunculan 3D Gaussian Splatting sebagai teknik yang baru dipopulerkan pada 2023 (Kerbl, Kopanas, Leimkühler, & Drettakis, 2023) dan tumbuh sangat cepat pada dataset ini (5.142 sitasi meski baru terbit 2023), dengan pengembangan lanjutan yang sudah mengarah pada representasi hierarkis untuk render dataset berskala sangat besar (Kerbl, Meuleman, Kopanas, Wimmer, Lanvin, & Drettakis, 2024) serta varian yang lebih efisien secara memori untuk sintesis pandangan waktu nyata pada adegan tak terbatas (Reiser dkk., 2023).

Pola pewarnaan ini mengonfirmasi bahwa domain rendering neural (Gaussian splatting, neural radiance fields, novel view synthesis) merupakan emerging topic yang paling aktif berkembang pada skala waktu yang diamati, sedangkan tema-tema seperti pendidikan berbasis VR dan lingkungan virtual klasik menunjukkan tren yang relatif lebih stabil/matang sebuah pola yang juga tercermin pada kajian bibliometrik VR/AR dalam pendidikan yang menunjukkan pertumbuhan riset yang stabil namun tidak seeksplisif topik rendering neural (Zhao, Ren, & Cheah, 2023; Chen, Zou, Xie, & Wang, 2023). Hal ini konsisten dengan lonjakan tajam jumlah publikasi pada 2024–2025 (Tabel 2), yang secara substansial didorong oleh gelombang penelitian rendering neural generasi baru. Pola evolusi tematik semacam ini merupakan manifestasi dari apa yang dalam kajian saintometrik disebut sebagai topic emergence pergeseran pusat gravitasi keilmuan dari teknik established menuju teknik yang baru dipopulerkan, sebagaimana dapat dipetakan menggunakan overlay visualization pada VOSviewer (Van Eck & Waltman, 2010). Bagi peneliti dan praktisi virtual production, dominasi kuning pada klaster rendering neural mengindikasikan bahwa investasi riset dan pengembangan kompetensi sumber daya manusia pada domain ini (Gaussian splatting, radiance fields) memiliki relevansi jangka pendek-menengah yang tinggi, karena selaras dengan arah pertumbuhan literatur ilmiah global.



Gambar 3. Density Visualization hasil VOSviewer

Pada gambar. 3 menampilkan kepadatan (densitas) item kata kunci pada peta, dengan warna biru tua menandakan area dengan konsentrasi item dan bobot tertinggi. Deskripsi visualisasi: area dengan densitas tertinggi (biru tua pekat) terpusat pada node “virtual reality” dan “mixed reality”, sementara area di sekitar “real-time rendering” dan “3D reconstruction” menunjukkan densitas sedang (hijau-biru muda). Area di sekitar node-node periferil seperti “haptic rendering”, “ray tracing”, dan “eye tracking” menunjukkan densitas rendah (warna kuning-hijau muda pada latar).

Visualisasi densitas ini memperkuat temuan pada network visualization bahwa struktur intelektual bidang ini masih sangat tersentralisasi pada konsep generik “virtual reality” sebagai inti gravitasi tematik, sementara topik-topik yang lebih spesifik dan relevan langsung dengan praktik virtual production dalam animasi digital (color science panggung LED, sinematografi virtual, pipeline studio indie) berada pada area kepadatan rendah — mengindikasikan bahwa topik tersebut, meski ada, belum menjadi pusat perhatian ilmiah yang matang. Node perifer seperti “eye tracking” juga berada pada area kepadatan rendah, meskipun topik ini didukung oleh penelitian teknis yang cukup matang seperti pendekatan penjagaan privasi pada data eye-tracking streaming (David-John, Hosfelt, Butler, & Jain, 2021) dan aplikasi mixed reality untuk teknologi sensor pada konteks konstruksi (Ogunseiju, Gonsalves, Akanmu, Bairaktarova, Bowman, & Jazizadeh, 2022); rendahnya densitas node ini semata mencerminkan porsi yang kecil secara proporsional dalam keseluruhan dataset, bukan minimnya kualitas riset pada topik tersebut.

Ketiga visualisasi VOSviewer secara konsisten menunjuk pada satu simpulan: virtual production sebagai istilah dan konsep belum memiliki massa kritis (critical mass) publikasi ilmiah yang cukup untuk membentuk kluster tersendiri, sehingga penelitian mengenai virtual production dalam konteks industri animasi digital tetap merupakan research gap yang terbuka lebar dan relevan untuk didalami lebih lanjut, khususnya melalui penelitian primer (studi kasus, eksperimen laboratorium virtual production, atau survei praktisi industri) yang secara eksplisit memosisikan dirinya pada domain ini.

Berdasarkan hasil bibliometrik pada Bagian 3 dan 4, teridentifikasi lima temuan utama sebagai basis Research Gap: Tema dominan: Penelitian pada domain teknologi pendukung virtual production (virtual reality, mixed reality, real-time rendering) tumbuh sangat pesat (2021–2025), tetapi terkonsentrasi pada isu-isu teknis generik (algoritma rendering, rekonstruksi 3D, interaksi pengguna) yang belum secara eksplisit dikaitkan dengan konteks industri animasi digital. Tema berkembang (emerging): 3D Gaussian splatting, neural radiance fields, dan digital twin menunjukkan pertumbuhan tercepat berdasarkan overlay visualization, namun aplikasinya pada alur kerja virtual production untuk animasi masih jarang dieksplisitkan sebagai kata kunci penulis. Tema yang masih sedikit diteliti: “Virtual production” sebagai label konsep eksplisit (5 dari 3.032 dokumen, 0,16%), demikian pula irisan langsungnya dengan industri animasi digital (pipeline studio indie, color science panggung LED, sinematografi virtual berbasis AI). Riset teknis pendukung seperti rekonstruksi pose tubuh dari sensor jarak (Ren, Zhao, He, Cong, Liang, Yu, Xu, & Ma, 2023) dan estimasi pose egosentris berbasis kamera head-mounted (Tome dkk., 2023) sudah cukup matang, tetapi aplikasinya secara eksplisit pada konteks virtual production untuk animasi belum banyak dilaporkan. Ketimpangan geografis: Dominasi produktivitas ilmiah oleh Tiongkok dan Amerika Serikat (Tabel 4) mengindikasikan minimnya representasi riset dari kawasan dengan industri animasi yang berkembang namun basis risetnya masih terbatas, termasuk Asia Tenggara sebuah gap yang tidak dapat diverifikasi lebih lanjut dari dataset ini karena dataset tidak menyediakan rincian afiliasi Indonesia secara terpisah pada 10 negara teratas. Survei-survei besar mengenai metaverse dan dunia virtual (Wu, Yang, Zhang, Wang, Yang, & Ma, 2023; Truong, Le, & Niyato, 2023; Kuru, 2023) juga secara konsisten didominasi oleh penulis dari kawasan Asia Timur, Amerika Utara, dan Eropa. Ketimpangan metodologis: Kelima dokumen yang eksplisit membahas virtual production menggunakan pendekatan yang sangat beragam dan tidak kumulatif (studi kasus indie, analisis statistik kamera, workflow warna, studi teater-VR, psikologi kreativitas), menunjukkan absennya payung metodologis atau kerangka teoritis bersama pada sub-bidang ini.

Simpulan

Analisis bibliometrik terhadap 3.032 artikel jurnal terindeks Scopus (2021–2025) menunjukkan bahwa penelitian pada teknologi pendukung virtual production rendering real-time, extended reality, rekonstruksi 3D, dan kecerdasan buatan mengalami pertumbuhan yang sangat pesat, meningkat hampir tiga kali lipat dari 343 dokumen (2021) menjadi 978 dokumen (2025). Namun demikian, virtual production sebagai konsep dan label eksplisit belum terkonsolidasi menjadi kluster tematik tersendiri, tercermin dari kemunculannya yang sangat jarang sebagai kata kunci penulis (0,16% dari total dokumen) dan absennya sebagai node pada seluruh visualisasi VOSviewer yang dianalisis. Temuan ini menegaskan bahwa riset mengenai virtual production dalam konteks industri animasi digital merupakan bidang yang secara ilmiah masih terbuka lebar, dengan fondasi teknologi yang sudah matang tetapi sintesis konseptual dan kajian industri yang masih tertinggal.

Referensi

Apollonio, F. I., Fantini, F., Garagnani, S., & Gaiani, M. (2021). A photogrammetry-based workflow for the accurate 3D construction and visualization of museums assets. *Remote Sensing*, 13(3), 486. <https://doi.org/10.3390/rs13030486>

- 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>
- Aseeri, S., & Interrante, V. (2021). The influence of avatar representation on interpersonal communication in virtual social environments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(5), 2608–2617. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2021.3067783>
- Brivio, E., Serino, S., Negro Cousa, E., Zini, A., Riva, G., & De Leo, G. (2021). Virtual reality and 360° panorama technology: A media comparison to study changes in sense of presence, anxiety, and positive emotions. *Virtual Reality*, 25(2), 303–311. <https://doi.org/10.1007/s10055-020-00453-7>
- Chen, X., Zou, D., Xie, H., & Wang, F. L. (2023). Metaverse in education: Contributors, cooperations, and research themes. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(6), 1010–1027. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3277952>
- 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>
- David-John, B., Hosfelt, D., Butler, K., & Jain, E. (2021). A privacy-preserving approach to streaming eye-tracking data. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(5), 2555–2565. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2021.3067787>
- 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>
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Baabdullah, A. M., Ribeiro-Navarrete, S., Giannakis, M., Al-Debei, M. M., ... Wamba, S. F. (2022). Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 66, 102542. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102542>
- Fei, B., Xu, J., Zhang, R., Zhou, Q., Yang, W., & He, Y. (2025). 3D Gaussian splatting as a new era: A survey. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 31(7). <https://doi.org/10.1109/TVCG.2024.3397828>
- Freeman, G., & Maloney, D. (2021). Body, avatar, and me: The presentation and perception of self in social virtual reality. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 4(CSCW3), Article 239. <https://doi.org/10.1145/3432938>
- Gochfeld, D., Coulombe, A., Yeh, Y.-J., Lester, R., Fleming, R. B., Meicher-Buzzi, Z., & Tarr, A. (2022). A tale of two productions: A Christmas Carol on stage and in VR. *Proceedings of the ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 5(1). <https://doi.org/10.1145/3533612>
- Jung, S., Li, R., McKee, R., Whitton, M. C., & Lindeman, R. W. (2021). Floor-vibration VR: Mitigating cybersickness using whole-body tactile stimuli in highly realistic vehicle simulations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(5), 2669–2678. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2021.3067773>
- Kerbl, B., Kopanas, G., Leimkühler, T., & Drettakis, G. (2023). 3D Gaussian splatting for real-time radiance field rendering. *ACM Transactions on Graphics*, 42(4). <https://doi.org/10.1145/3592433>
- Kerbl, B., Meuleman, A., Kopanas, G., Wimmer, M., Lanvin, A., & Drettakis, G. (2024). A hierarchical 3D Gaussian representation for real-time rendering of very large datasets. *ACM Transactions on Graphics*, 43(4). <https://doi.org/10.1145/3658160>
- Kozinets, R. V. (2023). Immersive netnography: A novel method for service experience research in virtual reality, augmented reality and metaverse contexts. *Journal of Service Management*, 34(1), 100–125. <https://doi.org/10.1108/JOSM-12-2021-0481>
- Kunzel, A. (2025). Beyond deadline pressure: Transforming stress into creative flow. *International Journal of Film and Media Arts*, 10(1). <https://doi.org/10.24140/ijfma.v10i1.10735>
- Kuru, K. (2023). MetaOmniCity: Toward immersive urban metaverse cyberspaces using smart city digital twins. *IEEE Access*, 11, 43828–43850. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3272890>
- Lombardi, S., Simon, T., Schwartz, G., Zollhoefer, M., Sheikh, Y., & Saragih, J. (2021). Mixture of volumetric primitives for efficient neural rendering. *ACM Transactions on Graphics*, 40(4). <https://doi.org/10.1145/3450626.3459863>
- Metzger, S. L., Littlejohn, K. T., Silva, A. B., Moses, D. A., Seaton, M. P., Wang, R., ... Chang, E. F. (2023). A high-performance neuroprosthesis for speech decoding and avatar control. *Nature*, 620, 1037–1046. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06443-4>
- Mouroto, L., Hoyet, L., Le Clerc, F., Schnitzler, F., & Hellier, P. (2022). A survey on deep learning for skeleton-based human animation. *Computer Graphics Forum*, 41(1), 122–157. <https://doi.org/10.1111/cgf.14426>
- Neff, T., Stadlbauer, P., Parger, M., Kurz, A., Mueller, J. H., Chaitanya, C. R. A., Kaplanyan, A., & Steinberger, M. (2021). DOnERF: Towards real-time rendering of compact neural radiance fields using depth oracle networks. *Computer Graphics Forum*, 40(4), 45–59. <https://doi.org/10.1111/cgf.14340>

- Ogunseiju, O. R., Gonsalves, N., Akanmu, A. A., Bairaktarova, D., Bowman, D. A., & Jazizadeh, F. (2022). Mixed reality environment for learning sensing technology applications in construction: A comparative study. *Advanced Engineering Informatics*, 53, 101637. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101637>
- Palmisano, S., & Constable, R. (2022). Reductions in sickness with repeated exposure to HMD-based virtual reality appear to be game-specific. *Virtual Reality*, 26(4), 1373–1389. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00634-6>
- Pettersen, E. F., Goddard, T. D., Huang, C. C., Meng, E. C., Couch, G. S., Croll, T. I., Morris, J. H., & Ferrin, T. E. (2021). UCSF ChimeraX: Structure visualization for researchers, educators, and developers. *Protein Science*, 30(1), 70–82. <https://doi.org/10.1002/pro.3943>
- Ponton, J. L., Yun, H., Aristidou, A., Andujar, C., & Pelechano, N. (2023). SparsePoser: Real-time full-body motion reconstruction from sparse data. *ACM Transactions on Graphics*, 43(1). <https://doi.org/10.1145/3625264>
- Ramadhani, N., Prasetyo, D., Hariadi, M., Khrisna Wardhani, A., & Rizky Mutiaz, I. (2025). Digital twin-driven virtual cinematography: Statistical analysis of camera techniques for enhanced narrative engagement in drama production. *Engineering, Technology and Applied Science Research*, 15(x). <https://doi.org/10.48084/etasr.11745>
- Reiser, C., Szeliski, R., Verbin, D., Srinivasan, P., Mildenhall, B., Geiger, A., Barron, J., & Hedman, P. (2023). MERF: Memory-efficient radiance fields for real-time view synthesis in unbounded scenes. *ACM Transactions on Graphics*, 42(4). <https://doi.org/10.1145/3592426>
- Ren, Y., Zhao, C., He, Y., Cong, P., Liang, H., Yu, J., Xu, L., & Ma, Y. (2023). LiDAR-aid inertial poser: Large-scale human motion capture by sparse inertial and LiDAR sensors. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 29(5), 2337–2347. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2023.3247088>
- Ritterbusch, G. D., & Teichmann, M. R. (2023). Defining the metaverse: A systematic literature review. *IEEE Access*, 11, 12368–12377. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3241809>
- Samavati, T., & Soryani, M. (2023). Deep learning-based 3D reconstruction: A survey. *Artificial Intelligence Review*, 56(9), 9175–9219. <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10399-2>
- Shi, L., Li, B., Kim, C., Kellnhofer, P., & Matusik, W. (2021). Towards real-time photorealistic 3D holography with deep neural networks. *Nature*, 591, 234–239. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-03152-0>
- Silva Jasauí, D., Martí-Testón, A., Muñoz, A., Moriniello, F., Solanes, J. E., & Gracia, L. (2024). Virtual production: Real-time rendering pipelines for indie studios and the potential in different scenarios. *Applied Sciences*, 14(6), 2530. <https://doi.org/10.3390/app14062530>
- Smith, M. D., & Zink, M. (2022). Hue-preserving color transforms for LED wall virtual production workflows. *SMPTE Motion Imaging Journal*, 131(8). <https://doi.org/10.5594/JMI.2022.3208274>
- Tome, D., Alldieck, T., Peluse, P., Pons-Moll, G., Agapito, L., Badino, H., & De La Torre, F. (2023). SelfPose: 3D egocentric pose estimation from a headset mounted camera. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 45(6), 6794–6806. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2020.3029700>
- 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>
- Wang, Y., Wang, L., & Siau, K. L. (2025). Human-centered interaction in virtual worlds: A new era of generative artificial intelligence and metaverse. *International Journal of Human-Computer Interaction*. <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2316376>
- Wenk, N., Penalver-Andres, J., Buetler, K. A., Nef, T., Müri, R. M., & Marchal-Crespo, L. (2023). Effect of immersive visualization technologies on cognitive load, motivation, usability, and embodiment. *Virtual Reality*, 27(1), 307–331. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00565-8>
- Wu, D., Yang, Z., Zhang, P., Wang, R., Yang, B., & Ma, X. (2023). Virtual-reality interpromotion technology for metaverse: A survey. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(18), 15788–15809. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2023.3265848>
- 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, 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>
- Zhao, X., Ren, Y., & Cheah, K. S. L. (2023). Leading virtual reality (VR) and augmented reality (AR) in education: Bibliometric and content analysis from the Web of Science (2018–2022). *SAGE Open*, 13(3). <https://doi.org/10.1177/21582440231190821>

Zhu, H. Y., Hieu, N. Q., Hoang, D. T., Nguyen, D. N., & Lin, C.-T. (2024). A human-centric metaverse enabled by brain-computer interface: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. <https://doi.org/10.1109/COMST.2024.3387124>