

Map of Virtual Reality Research Development in Engineering Education: A Scopus-Based Bibliometric Analysis

Vera Irma Delianti^{1*} , Nizwardi Jalinus¹ , Ernawati¹ , Fadhilah¹ 

¹ Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

*Corresponding Author: vera5339@fft.unp.ac.id

Abstract - The rapid advancement of virtual reality (VR) has significantly transformed engineering education by enabling immersive, interactive, and practice-oriented learning environments. However, the expanding and multidisciplinary nature of VR research has created a need for a comprehensive mapping of its intellectual structure and emerging trends. This study aims to analyze the development of VR research in engineering education through a Scopus-based bibliometric analysis. A total of 292 publications published between 2020 and 2025 were retrieved from the Scopus database and analyzed using VOSviewer through co-occurrence, network, overlay, and density visualization techniques. The findings reveal a steady increase in publication output, with engineering and computer science representing the dominant research areas. Major research clusters revolve around virtual reality, engineering education, immersive learning, simulation, e-learning, and learning systems, while recent trends increasingly emphasize artificial intelligence, digital twins, Industry 4.0, and the metaverse. The intellectual evolution demonstrates a shift from technology-oriented studies toward learner-centered and industry-relevant applications. This study provides a comprehensive knowledge map that identifies dominant themes, conceptual relationships, and emerging research directions, offering valuable insights for researchers, educators, and curriculum developers in advancing digitally transformed engineering education.

Keywords - Virtual Reality, Engineering Education, Bibliometric Analysis, Immersive Learning, Metaverse

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi *virtual reality* (VR) telah menghadirkan paradigma baru dalam pendidikan teknik melalui penyediaan lingkungan belajar yang bersifat imersif, interaktif, dan kontekstual. Dalam konteks *engineering education*, VR memungkinkan mahasiswa berinteraksi secara langsung dengan objek, sistem, dan proses teknik yang kompleks melalui simulasi tiga dimensi yang menyerupai kondisi nyata. Karakteristik ini menjadikan VR sebagai media pembelajaran yang potensial untuk meningkatkan pemahaman konseptual, keterampilan prosedural, serta pengalaman belajar berbasis praktik yang sulit diwujudkan melalui pendekatan pembelajaran konvensional [1], [2].

Seiring dengan meningkatnya tuntutan pembelajaran teknik yang berorientasi pada kompetensi abad ke-21 dan kesiapan industri, pemanfaatan VR semakin luas dalam berbagai bidang rekayasa, seperti teknik mesin, teknik elektro, teknik sipil, dan

manufaktur. VR tidak hanya digunakan sebagai alat visualisasi, tetapi juga diintegrasikan dengan pendekatan *e-learning*, *learning systems*, dan teknologi pendukung lainnya untuk menciptakan pengalaman belajar yang adaptif dan berpusat pada mahasiswa [3], [4]. Kondisi ini mendorong pertumbuhan signifikan publikasi ilmiah yang membahas VR dalam *engineering education*, baik dari perspektif pedagogik, teknologi, maupun pengalaman pengguna.

Pertumbuhan publikasi yang cepat dan bersifat multidisipliner tersebut menimbulkan kebutuhan akan pemetaan ilmiah yang sistematis guna memahami arah, struktur, dan kecenderungan riset yang berkembang. Tanpa pemetaan yang komprehensif, kajian-kajian yang ada berpotensi terfragmentasi, sehingga sulit untuk mengidentifikasi tema dominan, kluster riset, serta hubungan konseptual antar topik dalam bidang ini [5]. Analisis bibliometrik menjadi pendekatan yang relevan untuk menjawab kebutuhan tersebut karena mampu mengolah metadata publikasi secara kuantitatif dan memvisualisasikan dinamika perkembangan ilmu pengetahuan.

Meskipun sejumlah penelitian telah menelaah implementasi VR dalam pembelajaran teknik secara empiris, kajian yang secara khusus memetakan struktur intelektual dan evolusi riset VR dalam *engineering education* masih terbatas. Sebagian besar studi berfokus pada efektivitas pembelajaran atau pengembangan media, sementara gambaran menyeluruh mengenai perkembangan tema riset, keterkaitan antar konsep, serta arah riset mutakhir belum banyak dikaji secara bibliometrik berbasis data berskala besar seperti Scopus [6], [7]. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya penelitian yang

DOI: <https://doi.org/10.24036/voteteknika.v14i2.137072>

Received : 2025-12-22

Revised : 2026-05-21

Accepted : 2026-05-21

Published : 2026-06-26



For all articles published in VOTETEKNIKA
<https://ejournal.unp.ac.id/index.php/voteknika>, © copyright is
retained by the authors. This is an open-access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

menyajikan peta perkembangan riset VR dalam *engineering education* secara komprehensif dan berbasis bukti bibliografis.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memetakan perkembangan riset *virtual reality* dalam *engineering education* menggunakan analisis bibliometrik berbasis data Scopus. Melalui pemanfaatan perangkat VOSviewer, penelitian ini diharapkan mampu mengungkap pola publikasi, tema dominan, klaster riset, serta tren perkembangan topik dari waktu ke waktu, sehingga dapat memberikan kontribusi teoretis bagi pengembangan kajian pendidikan teknik dan menjadi rujukan strategis bagi peneliti di masa mendatang.

Pertumbuhan publikasi ilmiah yang membahas *virtual reality* dalam *engineering education* menunjukkan dinamika riset yang semakin kompleks dan multidisipliner. Kajian-kajian tersebut berkembang tidak hanya dari perspektif pedagogik, tetapi juga mencakup aspek teknologi, interaksi manusia-komputer, sistem pembelajaran digital, serta integrasi dengan teknologi cerdas. Kondisi ini menyebabkan bidang kajian *virtual reality* dalam pendidikan teknik menjadi semakin luas dan beragam, sehingga sulit dipahami secara utuh tanpa adanya pemetaan ilmiah yang sistematis dan berbasis data bibliografis [8], [9].

Sehubungan dengan hal tersebut, penelitian ini diarahkan untuk menjawab permasalahan utama terkait bagaimana perkembangan publikasi riset *virtual reality* dalam *engineering education* berdasarkan data Scopus, bagaimana struktur keilmuan bidang ini terbentuk melalui tema dan klaster riset yang dominan, serta bagaimana tren dan pergeseran fokus riset terjadi dari waktu ke waktu. Rumusan masalah ini disusun untuk memperoleh gambaran komprehensif mengenai pola pertumbuhan, keterkaitan konseptual, dan dinamika evolusi riset *virtual reality* dalam konteks pendidikan teknik.

Selaras dengan rumusan masalah tersebut, tujuan penelitian ini adalah menganalisis perkembangan publikasi riset *virtual reality* dalam *engineering education* secara kuantitatif, mengidentifikasi serta memetakan tema dan klaster utama yang membentuk struktur intelektual bidang kajian ini, serta mengkaji tren temporal untuk mengungkap arah dan kecenderungan riset yang berkembang. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan mampu memberikan dasar analitis yang kuat dalam memahami perkembangan keilmuan secara menyeluruh dan berbasis bukti bibliometrik [10].

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi yang signifikan baik secara teoretis maupun praktis. Secara teoretis, penelitian ini berkontribusi dalam menyajikan peta keilmuan (*knowledge mapping*) yang menggambarkan struktur intelektual, tema dominan, serta evolusi riset *virtual reality* dalam *engineering education*. Melalui pendekatan bibliometrik, penelitian ini membantu mengintegrasikan berbagai kajian yang sebelumnya tersebar dan terfragmentasi, sehingga memperkaya pemahaman konseptual mengenai arah dan karakteristik perkembangan riset di bidang pendidikan teknik berbasis teknologi imersif [11].

Secara praktis, hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai rujukan strategis bagi peneliti untuk mengidentifikasi celah penelitian, topik potensial, serta arah riset yang relevan untuk dikembangkan di masa mendatang. Selain itu, temuan penelitian ini juga bermanfaat bagi pendidik teknik dan pengembang kurikulum sebagai dasar dalam merancang dan mengintegrasikan *virtual reality* ke dalam pembelajaran dan kurikulum pendidikan teknik yang adaptif terhadap

perkembangan teknologi dan kebutuhan industri kontemporer [12], [13].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan metode analisis bibliometrik untuk memetakan perkembangan riset *virtual reality* dalam *engineering education*. Pendekatan kuantitatif deskriptif dipilih karena penelitian ini tidak bertujuan untuk menguji hipotesis atau hubungan kausal, melainkan untuk menggambarkan pola, struktur, dan dinamika publikasi ilmiah berdasarkan data bibliografis secara objektif dan terukur [14]. Analisis bibliometrik memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi kecenderungan riset, produktivitas publikasi, serta keterkaitan konseptual antar topik melalui pengolahan metadata publikasi ilmiah.

Dalam konteks ini, penelitian difokuskan pada pemetaan ilmu pengetahuan (*science mapping*) guna mengidentifikasi struktur intelektual dan evolusi tematik dalam kajian *virtual reality* pada pendidikan teknik. Pendekatan *science mapping* digunakan untuk memvisualisasikan hubungan antar elemen pengetahuan, seperti kata kunci, tema riset, dan klaster topik, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai lanskap riset yang berkembang [15]. Pendekatan ini relevan untuk bidang kajian yang bersifat multidisipliner dan mengalami pertumbuhan publikasi yang cepat, seperti *engineering education* berbasis teknologi imersif.

Desain penelitian ini mengandalkan data sekunder berupa metadata publikasi ilmiah yang diperoleh dari basis data Scopus. Metadata tersebut mencakup informasi judul, abstrak, kata kunci, tahun publikasi, dan sumber publikasi yang kemudian dianalisis secara sistematis menggunakan perangkat lunak pemetaan bibliometrik. Melalui desain ini, penelitian dapat direplikasi oleh peneliti lain dengan menggunakan kata kunci, basis data, dan prosedur analisis yang serupa, sehingga memenuhi prinsip transparansi dan replikabilitas dalam penelitian bibliometrik [16].

Sumber data dalam penelitian ini berasal dari basis data Scopus yang dipilih karena cakupannya yang luas, kualitas kurasi yang ketat, serta reputasinya sebagai salah satu sumber utama publikasi ilmiah bereputasi internasional. Scopus menyediakan metadata publikasi yang komprehensif dan terstandar, sehingga sangat sesuai untuk keperluan analisis bibliometrik dan pemetaan ilmu pengetahuan [17]. Penggunaan satu basis data utama juga bertujuan untuk menjaga konsistensi data serta menghindari duplikasi metadata yang sering muncul ketika menggabungkan beberapa basis data sekaligus.

Strategi pencarian data dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci "*virtual reality*" AND "*engineering education*" yang diterapkan pada kolom judul, abstrak, dan kata kunci publikasi. Pemilihan kata kunci ini dimaksudkan untuk memastikan bahwa dokumen yang terjaring secara langsung merepresentasikan fokus kajian *virtual reality* dalam konteks pendidikan teknik. Strategi pencarian dirancang secara spesifik namun tetap inklusif agar mampu menangkap berbagai variasi tema dan pendekatan riset yang relevan dalam bidang ini [18].

Untuk menjaga relevansi dan kualitas data, penelitian ini menerapkan kriteria inklusi dan eksklusi yang jelas. Kriteria inklusi meliputi dokumen ilmiah berupa artikel jurnal dan

prosiding konferensi yang telah melalui proses penelaahan sejawat (*peer-reviewed*), diterbitkan dalam rentang waktu tertentu, dan ditulis dalam bahasa Inggris. Rentang tahun publikasi ditetapkan untuk mencerminkan perkembangan riset *virtual reality* dalam *engineering education* secara kontemporer dan relevan dengan dinamika teknologi saat ini. Sementara itu, dokumen yang tidak memiliki metadata lengkap, duplikasi publikasi, serta jenis dokumen non-ilmiah seperti editorial, catatan singkat, atau ulasan populer dikecualikan dari analisis [19].

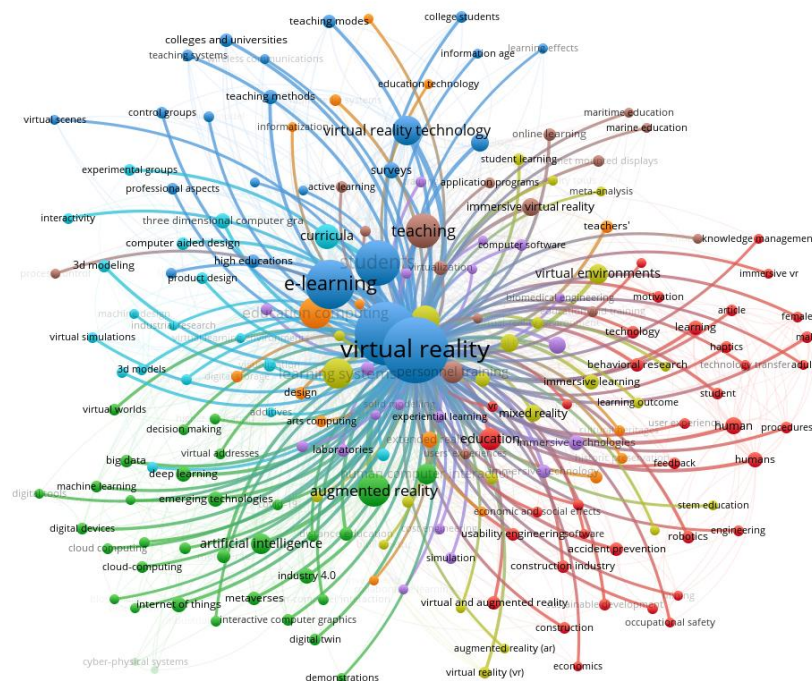
Seluruh metadata publikasi yang memenuhi kriteria tersebut diekstraksi dari Scopus dalam format yang kompatibel dengan perangkat lunak analisis bibliometrik. Data yang telah dikumpulkan kemudian melalui tahap pemeriksaan awal untuk memastikan konsistensi dan kelayakan sebelum dianalisis lebih lanjut menggunakan teknik pemetaan bibliometrik. Prosedur pengumpulan data ini dirancang secara transparan dan sistematis agar memungkinkan replikasi penelitian oleh peneliti lain pada konteks atau periode waktu yang berbeda [20].

Analisis data dalam penelitian ini diawali dengan pengolahan metadata publikasi yang diperoleh dari basis data Scopus. Metadata yang dianalisis meliputi judul artikel,

abstrak, kata kunci penulis, tahun publikasi, serta sumber publikasi. Pada tahap awal, dilakukan pembersihan data untuk menghilangkan duplikasi, memperbaiki ketidakkonsistenan penulisan kata kunci, serta menyatukan istilah yang memiliki makna serupa. Proses normalisasi kata kunci ini penting untuk meningkatkan akurasi hasil pemetaan dan menghindari fragmentasi tema yang disebabkan oleh variasi terminologi [21].

Setelah tahap pengolahan awal, data dianalisis menggunakan perangkat lunak VOSviewer yang dirancang khusus untuk visualisasi dan pemetaan jaringan bibliometrik. VOSviewer dipilih karena kemampuannya dalam mengolah data berskala besar dan menyajikan hubungan antar elemen bibliografis secara visual dan intuitif. Analisis utama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah analisis *co-occurrence* kata kunci, yang bertujuan untuk mengidentifikasi keterkaitan antar konsep dan tema riset berdasarkan frekuensi kemunculan bersama kata kunci dalam publikasi ilmiah [22].

Hasil analisis *co-occurrence* selanjutnya divisualisasikan melalui *network visualization* untuk menggambarkan struktur hubungan antar kata kunci dan pembentukan kluster riset yang ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Network Visualization

Dalam visualisasi jaringan ini, ukuran node merepresentasikan tingkat kemunculan kata kunci, sementara jarak dan ketebalan garis menunjukkan kekuatan hubungan antar konsep. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi kluster tematik utama yang membentuk struktur intelektual riset *virtual reality* dalam *engineering education* [23].

Selain itu, *overlay visualization* digunakan untuk menganalisis perkembangan temporal tema riset dengan memetakan kata kunci berdasarkan tahun publikasi rata-rata. Visualisasi ini memberikan gambaran mengenai pergeseran fokus riset dari waktu ke waktu, serta mengidentifikasi topik-topik yang bersifat mutakhir maupun yang telah mapan. Dengan demikian, *overlay visualization* berperan penting

dalam mengungkap dinamika evolusi riset dan arah pengembangan kajian di masa depan [24].

Untuk melengkapi analisis, *density visualization* diterapkan guna menunjukkan tingkat kepadatan dan intensitas kemunculan kata kunci dalam lanskap riset. Visualisasi ini membantu mengidentifikasi area kajian yang paling dominan maupun yang masih relatif jarang diteliti. Kombinasi antara *network*, *overlay*, dan *density visualization* memungkinkan analisis yang komprehensif terhadap struktur, tren, dan fokus riset *virtual reality* dalam *engineering education* secara menyeluruh dan terintegrasi [25].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tren pertumbuhan publikasi yang terlihat pada data menunjukkan bahwa riset *virtual reality* dalam *engineering*

Temuan ini selaras dengan visualisasi *overlay* dan *density* yang dihasilkan melalui VOSviewer. Berikut tampilan visualisasi *overlay* :



Sementara itu, visualisasi *density* menunjukkan kepadatan tinggi pada kata kunci seperti *virtual reality*, *students*, *engineering education*, dan *learning systems*, yang menandakan bahwa tema-tema tersebut merupakan pusat perhatian utama dalam lanskap riset. Kepadatan ini mencerminkan konsistensi dan keberlanjutan kajian yang menjadikan pengalaman belajar mahasiswa dan sistem pembelajaran sebagai fokus utama pemanfaatan *virtual reality* dalam pendidikan teknik. Di sisi lain, area dengan kepadatan

Pemetaan tema dan kluster riset dilakukan untuk mengidentifikasi struktur intelektual yang membentuk kajian *virtual reality* dalam *engineering education*. Berdasarkan hasil analisis *co-occurrence* kata kunci menggunakan VOSviewer, terbentuk beberapa kluster utama yang saling berhubungan dan merepresentasikan fokus kajian yang berkembang dalam

bidang ini. Klaster-klaster tersebut divisualisasikan melalui *network visualization* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1, di mana setiap klaster ditandai dengan warna yang berbeda dan menunjukkan keterkaitan konseptual antar tema.

Klaster pertama didominasi oleh tema-tema pedagogik, yang mencakup kata kunci seperti *engineering education*, *students*, *teaching*, *learning*, dan *curriculum*. Klaster ini merepresentasikan fokus riset yang menempatkan *virtual reality* sebagai media pembelajaran untuk meningkatkan pemahaman konseptual, keterlibatan mahasiswa, serta efektivitas proses pembelajaran teknik. Dominasi klaster pedagogik menunjukkan bahwa pemanfaatan VR dalam pendidikan teknik secara utama diarahkan pada penguatan aspek pembelajaran dan pengalaman belajar mahasiswa, bukan semata-mata pada inovasi teknologi [29].

Klaster kedua berkaitan dengan aspek teknologi dan sistem pembelajaran digital, yang ditandai oleh kemunculan kata kunci seperti *virtual reality*, *e-learning*, *learning systems*, dan *computer-based learning*. Klaster ini mencerminkan kajian yang menempatkan VR sebagai bagian dari ekosistem pembelajaran digital yang lebih luas. Keterhubungan yang kuat antara klaster pedagogik dan klaster teknologi pada visualisasi jaringan menunjukkan bahwa riset VR dalam *engineering education* berkembang melalui integrasi antara desain teknologi dan kebutuhan pembelajaran [30].

Klaster berikutnya berfokus pada *immersive learning* dan pengalaman pengguna, yang ditandai oleh kata kunci seperti *immersive*, *virtual environments*, *user experience*, dan *human-computer interaction*. Klaster ini menyoroti perhatian peneliti terhadap kualitas pengalaman belajar imersif yang dihasilkan oleh VR, termasuk aspek interaktivitas, kenyamanan pengguna, dan keterlibatan kognitif. Keberadaan klaster ini menunjukkan pergeseran riset dari sekadar penggunaan VR sebagai alat visualisasi menuju pemahaman yang lebih mendalam mengenai bagaimana pengalaman imersif memengaruhi proses belajar mahasiswa teknik [31].

Selain itu, muncul klaster yang berkaitan dengan konteks industri dan teknologi mutakhir, yang mencakup tema-tema seperti *Industry 4.0*, *digital twins*, *simulation*, dan *engineering practice*. Klaster ini mengindikasikan berkembangnya riset yang mengaitkan VR dengan kebutuhan dunia industri dan pembelajaran berbasis praktik. Integrasi VR dengan konsep *Industry 4.0* menunjukkan upaya untuk menjembatani kesenjangan antara pembelajaran akademik dan tuntutan kompetensi profesional di bidang teknik [32].

Interpretasi klaster-klaster tersebut diperkuat oleh hasil *overlay visualization* pada gambar 2, yang menunjukkan bahwa klaster pedagogik dan teknologi dasar cenderung muncul lebih awal, sementara klaster *immersive learning* dan *Industry 4.0* berkembang pada periode yang lebih baru. Pergeseran ini mencerminkan evolusi riset dari pendekatan eksploratif menuju pendekatan yang lebih aplikatif dan kontekstual. Dengan demikian, pemetaan tema dan klaster riset ini menegaskan bahwa kajian *virtual reality* dalam *engineering education* berkembang secara progresif, baik dari sisi kedalaman konseptual maupun relevansi praktis.

Analisis jaringan kata kunci dilakukan untuk memahami peran konseptual dan hubungan antar tema utama dalam riset *virtual reality* pada *engineering education*. Berdasarkan hasil *network visualization* VOSviewer yang ditampilkan pada gambar 1, terlihat bahwa kata kunci *virtual reality* menempati

posisi paling sentral dalam jaringan. Posisi ini ditandai oleh ukuran node yang besar serta keterhubungan yang kuat dengan berbagai kata kunci lain, yang menunjukkan bahwa *virtual reality* berfungsi sebagai konsep inti yang menghubungkan beragam pendekatan riset, baik dari perspektif pedagogik maupun teknologi.

Kata kunci *students* muncul sebagai node sentral kedua yang memiliki hubungan erat dengan *virtual reality*, *learning*, dan *engineering education*. Keterkaitan ini mengindikasikan bahwa fokus utama riset tidak hanya terletak pada pengembangan teknologi VR, tetapi juga pada pengalaman belajar dan keterlibatan mahasiswa sebagai subjek utama pembelajaran. Dominasi kata kunci ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa riset VR dalam pendidikan teknik cenderung berorientasi pada pembelajar (*learner-centered*), dengan menekankan dampak teknologi terhadap pemahaman konseptual, motivasi, dan interaksi belajar mahasiswa [33].

Selain itu, kata kunci *e-learning* dan *learning systems* membentuk simpul penting yang menghubungkan klaster pedagogik dan klaster teknologi. Keberadaan kedua kata kunci ini menunjukkan bahwa VR dalam *engineering education* semakin diposisikan sebagai bagian dari sistem pembelajaran digital yang terintegrasi, bukan sebagai media pembelajaran yang berdiri sendiri. Hubungan yang kuat antara *virtual reality*, *e-learning*, dan *learning systems* mencerminkan pergeseran riset menuju pengembangan ekosistem pembelajaran yang memadukan teknologi imersif dengan platform pembelajaran daring dan sistem manajemen pembelajaran [34].

Struktur jaringan juga memperlihatkan bahwa beberapa tema berperan sebagai penghubung lintas klaster, yang menandakan adanya integrasi konseptual antar pendekatan riset. Misalnya, kata kunci yang berkaitan dengan pengalaman belajar dan sistem pembelajaran digital berfungsi sebagai jembatan antara kajian pedagogik dan kajian teknologi. Pola ini menunjukkan bahwa riset *virtual reality* dalam *engineering education* berkembang secara konvergen, dengan menggabungkan perspektif pendidikan, teknologi informasi, dan rekayasa pembelajaran dalam satu kerangka konseptual yang saling terkait [35].

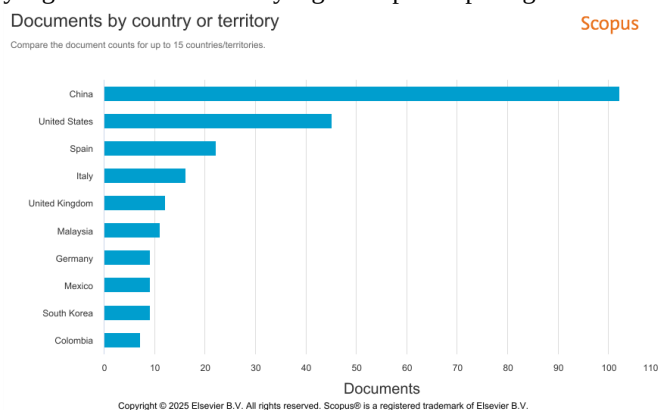
Seiring perkembangan waktu, *overlay visualization* menunjukkan pergeseran warna ke arah yang lebih terang pada tema-tema yang berkaitan dengan pengalaman belajar dan sistem pembelajaran digital, seperti *immersive learning*, *students*, *e-learning*, dan *learning systems*. Pergeseran ini mengindikasikan bahwa riset VR dalam *engineering education* mulai menekankan aspek pedagogik dan pengalaman pembelajar, sejalan dengan meningkatnya perhatian terhadap efektivitas pembelajaran dan keterlibatan mahasiswa dalam lingkungan belajar berbasis teknologi [36].

Pada periode yang lebih mutakhir, muncul tema-tema baru yang berada di lapisan terluar jaringan dan ditandai dengan warna paling terang pada *overlay visualization*. Tema-tema tersebut mencakup *artificial intelligence*, *digital twins*, *metaverse*, dan integrasi VR dengan sistem cerdas. Kemunculan topik-topik ini menunjukkan arah riset terkini yang mengarah pada pengembangan lingkungan belajar yang adaptif, kontekstual, dan terhubung dengan kebutuhan industri modern. Integrasi VR dengan *artificial intelligence* dan *digital twins* mencerminkan upaya untuk menghadirkan simulasi pembelajaran yang lebih realistis dan berbasis data, sementara konsep *metaverse* menandai perluasan ruang belajar virtual

menuju ekosistem pembelajaran yang bersifat kolaboratif dan berkelanjutan [37], [38].

Secara keseluruhan, analisis tren temporal ini menunjukkan bahwa riset *virtual reality* dalam *engineering education* mengalami evolusi yang progresif, bergerak dari pemanfaatan teknologi dasar menuju integrasi sistem cerdas dan lingkungan belajar virtual yang kompleks. Arah riset terkini ini mengindikasikan potensi pengembangan VR tidak hanya sebagai media pembelajaran, tetapi sebagai bagian integral dari transformasi pendidikan teknik di era digital.

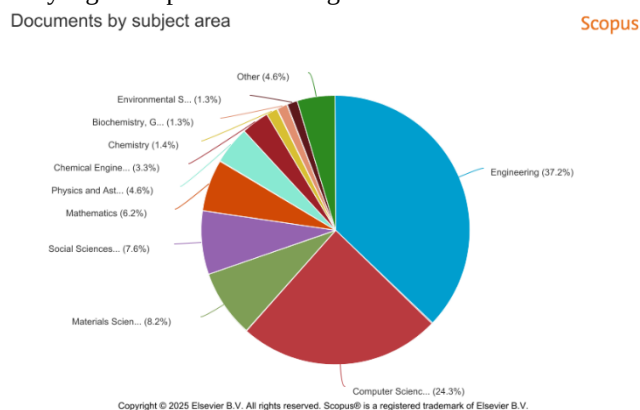
Riset mengenai VR ini tersebar di seluruh dunia, berdasarkan metadata scopus berikut sebaran 10 negara teratas yang melakukan riset ini yang ditampilkan pada gambar 3.



Gambar 3. Sebaran 10 negara teratas riset VR

Negara yang paling banyak melakukan riset VR ini adalah negara China, diikuti oleh negara US, Spain, Italy, UK, Malaysia, Germany, Mexico, South Korea, dan Colombia.

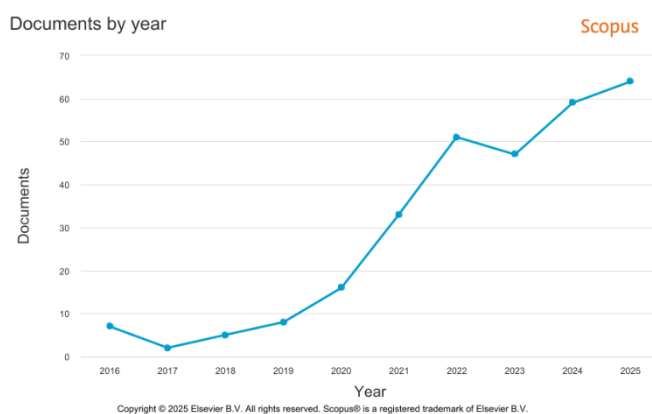
Riset VR ini didapatkan meliputi berbagai *subject area*. Berdasarkan metadata scopus berikut sebaran *subject area* dari VR yang ditampilkan melalui gambar 4.



Gambar 4. Sebaran *subject area* VR

Gambar 4 menampilkan bahwa *subject area* VR yang paling banyak adalah pada *engineering* sebesar 37,2%. Selanjutnya pada *subject area computer science* sebesar 24,3% dan selebihnya tersebar pada berbagai area yang berbeda.

Perkembangan jumlah riset VR dari tahun ke tahun pada umumnya selalu mengalami peningkatan. Berdasarkan metadata scopus berikut paparan jumlah riset VR antara tahun 2016-2025 yang ditampilkan melalui gambar 5.



Gambar 5. Jumlah riset VR antara tahun 2016-2025

Temuan penelitian ini memperkuat hasil studi bibliometrik sebelumnya yang menunjukkan bahwa riset *virtual reality* dalam konteks pendidikan tinggi dan pendidikan teknik mengalami pertumbuhan signifikan dan bersifat multidisipliner. Konsistensi temuan terkait dominasi tema pedagogik dan teknologi pembelajaran sejalan dengan hasil kajian bibliometrik terdahulu yang menempatkan pengalaman belajar dan efektivitas pembelajaran sebagai fokus utama pemanfaatan VR dalam pendidikan [39]. Namun demikian, penelitian ini memberikan kontribusi tambahan dengan menyoroti secara lebih spesifik struktur klaster dan dinamika evolusi riset dalam konteks *engineering education*.

Dibandingkan dengan studi bibliometrik sebelumnya yang umumnya bersifat umum pada pendidikan tinggi, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kajian *virtual reality* dalam *engineering education* memiliki karakteristik khas, terutama pada keterkaitannya dengan pembelajaran berbasis praktik, simulasi teknik, dan kebutuhan industri. Munculnya klaster *Industry 4.0*, *digital twins*, dan teknologi cerdas menunjukkan bahwa riset VR dalam pendidikan teknik semakin diarahkan untuk menjembatani kesenjangan antara pembelajaran akademik dan praktik profesional di dunia industri [40].

Implikasi dari temuan ini terhadap riset pendidikan teknik adalah perlunya pengembangan kajian yang tidak hanya berfokus pada aspek teknis pengembangan VR, tetapi juga pada desain pembelajaran, integrasi kurikulum, dan evaluasi dampak jangka panjang terhadap kompetensi mahasiswa. Bagi pengembangan pembelajaran berbasis VR, hasil pemetaan ini memberikan dasar konseptual untuk merancang lingkungan belajar yang lebih adaptif, imersif, dan relevan dengan kebutuhan industri serta perkembangan teknologi mutakhir. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan peran *virtual reality* sebagai salah satu pilar strategis dalam transformasi pendidikan teknik di era digital.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil memetakan perkembangan riset *virtual reality* (VR) dalam *engineering education* selama periode 2020–2025 sebanyak 292 artikel melalui pendekatan bibliometrik berbasis data Scopus. Hasil analisis menunjukkan bahwa penelitian terkait VR terus mengalami peningkatan dan bergerak menuju integrasi teknologi Industri 4.0. Perkembangan tersebut terlihat dari munculnya tema-tema baru seperti *immersive learning*, *artificial intelligence*, *digital twins*, dan *metaverse*. Temuan ini memperlihatkan bahwa VR tidak lagi dipahami hanya sebagai media simulasi

pembelajaran, tetapi juga sebagai bagian penting dalam transformasi pendidikan teknik berbasis digital. Kontribusi utama penelitian ini terletak pada penyajian gambaran perkembangan riset VR dalam konteks *engineering education* secara lebih terstruktur melalui analisis *co-occurrence*, *overlay visualization*, dan *density visualization*. Pemetaan tersebut memberikan informasi mengenai tema dominan, hubungan antarkonsep, serta arah perkembangan penelitian terkini.

Penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Data yang digunakan hanya berasal dari database Scopus dan dibatasi pada penggunaan kata kunci tertentu, sehingga kemungkinan masih terdapat publikasi relevan yang belum tercakup dalam analisis. Pendekatan yang digunakan juga berfokus pada bibliometrik deskriptif sehingga hubungan intelektual antarpemelitian belum dianalisis secara mendalam. Penelitian selanjutnya dapat memperluas sumber data dengan menggabungkan database lain seperti Web of Science atau Dimensions. Penggunaan analisis *co-citation*, *bibliographic coupling*, maupun analisis tematik mendalam juga penting dilakukan untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai perkembangan riset VR dalam *engineering education*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Radianti, T. A. Majchrzak, J. Fromm, and I. Wohlgenannt, "A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda," *Computers & Education*, vol. 147, pp. 1–29, 2020.
- [2] J. Makransky and G. B. Petersen, "Immersive virtual reality and learning: A meta-analysis," *Educational Psychology Review*, vol. 31, no. 3, pp. 745–776, 2019.
- [3] A. Al-Azawei, P. Parslow, and K. Lundqvist, "Investigating the effect of virtual reality on learners' engagement and performance," *British Journal of Educational Technology*, vol. 50, no. 4, pp. 1615–1628, 2019.
- [4] J. A. Martín-Gutiérrez, C. E. Mora, B. Añorbe-Díaz, and A. González-Marrero, "Virtual technologies trends in education," *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, vol. 13, no. 2, pp. 469–486, 2017.
- [5] L. van Eck and N. J. Waltman, "Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping," *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523–538, 2010.
- [6] S. D. Saidin, N. D. Abd Halim, and N. Yahaya, "A review of research on augmented reality in education: Advantages and applications," *International Education Studies*, vol. 8, no. 13, pp. 1–8, 2015.
- [7] Q. Aini, D. Rahmawati, and A. R. Putra, "The use of virtual reality to enhance students' motivation and academic achievement in science learning," *Journal of Educational Technology Systems*, vol. 51, no. 3, pp. 345–361, 2023.
- [8] D. Zupic and T. Čater, "Bibliometric methods in management and organization," *Organizational Research Methods*, vol. 18, no. 3, pp. 429–472, 2015.
- [9] A. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, and W. M. Lim, "How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines," *Journal of Business Research*, vol. 133, pp. 285–296, 2021.
- [10] L. Aria and C. Cuccurullo, "bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis," *Journal of Informetrics*, vol. 11, no. 4, pp. 959–975, 2017.
- [11] J. van Eck and L. Waltman, "Visualizing bibliometric networks," in *Measuring Scholarly Impact*, Y. Ding, R. Rousseau, and D. Wolfram, Eds. Cham, Switzerland: Springer, 2014, pp. 285–320.
- [12] M. Makransky, S. Borre-Gude, and R. E. Mayer, "Motivational and cognitive benefits of immersive virtual reality in education," *Educational Psychology Review*, vol. 31, no. 3, pp. 791–816, 2019.
- [13] A. F. Abulrub, A. N. Attridge, and M. A. Williams, "Virtual reality in engineering education: The future of creative learning," *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, vol. 15, no. 15, pp. 4–20, 2020.
- [14] A. Donthu, S. Kumar, N. Pandey, and W. M. Lim, "Research constituents, intellectual structure, and collaboration patterns in journal of business research: A bibliometric analysis," *Journal of Business Research*, vol. 109, pp. 1–14, 2020.
- [15] D. Zupic and T. Čater, "Bibliometric methods in management and organization," *Organizational Research Methods*, vol. 18, no. 3, pp. 429–472, 2015.
- [16] N. J. van Eck and L. Waltman, "Visualizing bibliometric networks," *Measuring Scholarly Impact*, pp. 285–320, Springer, Cham, 2014.
- [17] A. Martín-Martín, E. Orduna-Malea, M. Thelwall, and E. D. López-Cózar, "Google Scholar, Web of Science, and Scopus: A systematic comparison of citations in 252 subject categories," *Journal of Informetrics*, vol. 12, no. 4, pp. 1160–1177, 2018.
- [18] S. Mongeon and A. Paul-Hus, "The journal coverage of Web of Science and Scopus: A comparative analysis," *Scientometrics*, vol. 106, no. 1, pp. 213–228, 2016.
- [19] A. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, and W. M. Lim, "How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines," *Journal of Business Research*, vol. 133, pp. 285–296, 2021.
- [20] M. Aria and C. Cuccurullo, "bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis," *Journal of Informetrics*, vol. 11, no. 4, pp. 959–975, 2017.
- [21] S. Kumar, A. Donthu, and N. Pandey, "Keyword analysis in bibliometric studies: Concepts, methods, and applications," *Journal of Business Research*, vol. 134, pp. 611–623, 2021.
- [22] N. J. van Eck and L. Waltman, "VOSviewer manual: Manual for VOSviewer version 1.6.18," Leiden University, 2022.
- [23] A. Moral-Muñoz, E. Herrera-Viedma, A. Santisteban-Espejo, and M. J. Cobo, "Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review," *El Profesional de la Información*, vol. 29, no. 1, pp. 1–20, 2020.
- [24] M. J. Cobo, A. G. López-Herrera, E. Herrera-Viedma, and F. Herrera, "An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the fuzzy sets theory field," *Journal of Informetrics*, vol. 5, no. 1, pp. 146–166, 2011.

- [25] L. Waltman, N. J. van Eck, and E. C. M. Noyons, "A unified approach to mapping and clustering of bibliometric networks," *Journal of Informetrics*, vol. 4, no. 4, pp. 629–635, 2010.
- [26] M. Radianti, T. A. Majchrzak, J. Fromm, and I. Wohlgenannt, "A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda," *Computers & Education*, vol. 147, pp. 1–29, 2020.
- [27] J. Makransky and G. B. Petersen, "Immersive virtual reality and learning: A meta-analysis," *Educational Psychology Review*, vol. 31, no. 3, pp. 745–776, 2019.
- [28] A. Donthu, S. Kumar, D. Mukherjee, N. Pandey, and W. M. Lim, "How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines," *Journal of Business Research*, vol. 133, pp. 285–296, 2021.
- [29] J. Makransky, G. B. Petersen, and R. E. Mayer, "Immersive virtual reality and learning: A meta-analysis," *Educational Psychology Review*, vol. 31, no. 3, pp. 745–776, 2019.
- [30] A. Al-Azawei, P. Parslow, and K. Lundqvist, "Investigating the effect of virtual reality on learners' engagement and performance," *British Journal of Educational Technology*, vol. 50, no. 4, pp. 1615–1628, 2019.
- [31] M. Radianti, T. A. Majchrzak, J. Fromm, and I. Wohlgenannt, "A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda," *Computers & Education*, vol. 147, pp. 1–29, 2020.
- [32] A. Mourtzis, E. Vlachou, and N. Milas, "Industrial big data as a result of IoT adoption in manufacturing," *Procedia CIRP*, vol. 55, pp. 290–295, 2016.
- [33] J. Makransky and G. B. Petersen, "Immersive virtual reality and learning: A meta-analysis," *Educational Psychology Review*, vol. 31, no. 3, pp. 745–776, 2019.
- [34] A. Al-Azawei, P. Parslow, and K. Lundqvist, "Investigating the effect of virtual reality on learners' engagement and performance," *British Journal of Educational Technology*, vol. 50, no. 4, pp. 1615–1628, 2019.
- [35] A. Moral-Muñoz, E. Herrera-Viedma, A. Santesteban-Espejo, and M. J. Cobo, "Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review," *El Profesional de la Información*, vol. 29, no. 1, pp. 1–20, 2020.
- [36] M. Radianti, T. A. Majchrzak, J. Fromm, and I. Wohlgenannt, "A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda," *Computers & Education*, vol. 147, pp. 1–29, 2020.
- [37] A. Mourtzis, E. Vlachou, and N. Milas, "Industrial big data as a result of IoT adoption in manufacturing," *Procedia CIRP*, vol. 55, pp. 290–295, 2016.
- [38] D. Park and Y. Kim, "A metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 4209–4251, 2022.
- [39] J. Makransky, G. B. Petersen, and R. E. Mayer, "Immersive virtual reality and learning: A meta-analysis," *Educational Psychology Review*, vol. 31, no. 3, pp. 745–776, 2019.
- [40] A. Abulrub, A. Attridge, and M. Williams, "Virtual reality in engineering education: The future of creative learning," *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, vol. 15, no. 15, pp. 4–20, 2020.