

Research Trends of Augmented Reality in Engineering Education: A Bibliometric Review

Reni Kurnia^{1*} , Niswardi Jalinus¹ , M Giatman¹ , Hansi Effendi¹ , Dedy Irfan¹ , Ernawati¹ ,
Fadhilah¹ , Abdurrahman Niarman² 

¹ Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia

² Universitas Islam Negeri Mahmud Yunus, Batusangkar, Indonesia

*Corresponding Author: renikurnia@fip.unp.ac.id

Abstract - The development of Augmented Reality (AR) technology has driven significant innovations in education, particularly in engineering education, which requires the visualization of complex concepts, practical skills development, and spatial understanding. As the number of scientific publications on the application of AR in engineering education has increased substantially over the past decade, there is a growing need for studies that systematically and comprehensively map the evolution of this research field. Therefore, this study aims to analyze research trends in augmented reality within engineering education using a bibliometric approach. The study utilizes scientific publications indexed in the Scopus database between 2015 and 2025. The identification and selection of documents were conducted following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) framework, resulting in a set of relevant research articles for analysis. The bibliometric analysis encompasses annual publication trends, journal source distribution, subject areas, and the mapping of the conceptual structure of the field through keyword co-occurrence network analysis. All bibliometric mapping and visualization processes were performed using VOSviewer software. The findings reveal a significant increase in publications related to augmented reality in engineering education since 2015, with continued growth through 2025. Computer Science and Engineering emerged as the dominant subject areas, highlighting the critical role of technical and engineering perspectives in the development and implementation of AR technologies. Keyword analysis indicates that augmented reality serves as a central concept interconnected with themes such as learning simulation, laboratory skills, visual-spatial abilities, and learning motivation. These findings reflect the multidisciplinary nature of AR research, integrating both technological and pedagogical dimensions. Overall, this study provides a macro-level overview of the structure and developmental trajectory of augmented reality research in engineering education while identifying opportunities for more focused future investigations.

Keywords— Augmented reality; Engineering education; Bibliometric review; Learning innovation

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi signifikan dalam praktik pendidikan, khususnya pada pendidikan teknik (*engineering education*) yang menuntut pemahaman konsep kompleks, kemampuan visualisasi tinggi, serta keterampilan pemecahan masalah berbasis praktik. Pendidikan teknik sering menghadapi tantangan berupa keterbatasan fasilitas laboratorium, kesulitan dalam memvisualisasikan konsep abstrak, serta rendahnya keterlibatan mahasiswa dalam pembelajaran konvensional [1]. Oleh karena itu, integrasi teknologi pembelajaran inovatif

menjadi kebutuhan penting untuk meningkatkan kualitas dan efektivitas pembelajaran di bidang teknik [2], [3], [4].

Salah satu teknologi yang semakin mendapat perhatian dalam konteks pendidikan adalah *Augmented Reality* (AR). AR memungkinkan penggabungan objek virtual dengan lingkungan nyata secara *real time*, sehingga pengguna dapat berinteraksi dengan representasi digital secara kontekstual [5]. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa AR mampu meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan pemahaman konseptual peserta didik dibandingkan media pembelajaran tradisional [6], [7]. Dalam pendidikan tinggi, AR dinilai efektif untuk mendukung pembelajaran berbasis visual dan pengalaman (*experiential learning*), terutama pada bidang yang membutuhkan representasi spasial yang kompleks [8].

Dalam konteks pendidikan teknik, penerapan AR semakin luas pada berbagai disiplin, seperti teknik mesin, teknik elektro, teknik sipil, dan teknik informatika. AR digunakan untuk memvisualisasikan komponen mekanik, mensimulasikan proses industri, serta mendukung pembelajaran berbasis proyek dan laboratorium virtual [9]. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa penggunaan AR dalam pendidikan teknik dapat meningkatkan pemahaman konsep, kemampuan visual-spasial, serta keterlibatan mahasiswa dalam proses

DOI: <https://doi.org/10.24036/voteknika.v14i1.137020>

Received : 2025-12-20

Revised : 2026-03-03

Accepted : 2026-03-04

Published : 2026-03-31



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](#) license.

pembelajaran [10], [11], [12]. Seiring dengan hal tersebut, jumlah publikasi ilmiah terkait AR dalam pendidikan teknik terus mengalami peningkatan.

Meskipun penelitian mengenai AR dalam pendidikan teknik berkembang pesat, kajian yang ada masih tersebar dan beragam dari sisi fokus, metode, serta konteks penerapan. Beberapa studi review telah membahas AR dalam pendidikan secara umum, baik melalui *systematic literature review* maupun *meta-analysis* [6], [13]. Namun, kajian yang secara khusus menggunakan pendekatan bibliometrik untuk memetakan tren penelitian, kontribusi penulis dan negara, pola kolaborasi, serta evolusi tema riset AR dalam pendidikan teknik masih sangat terbatas. Akibatnya, pemahaman komprehensif mengenai struktur intelektual dan arah perkembangan riset AR dalam *engineering education* belum tergambarkan secara sistematis.

Berdasarkan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan *bibliometric review* terhadap publikasi ilmiah mengenai AR dalam pendidikan teknik. Penelitian ini menganalisis tren publikasi, jurnal dan penulis yang berpengaruh, kontribusi negara, serta struktur dan evolusi tema penelitian berdasarkan analisis kata kunci. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai perkembangan riset AR dalam *engineering education* serta menjadi landasan bagi peneliti dan praktisi dalam menentukan arah penelitian dan pengembangan teknologi pembelajaran di masa depan.

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan bibliometrik dengan panduan *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) untuk memastikan proses identifikasi dan seleksi dokumen dilakukan secara sistematis, transparan, dan dapat direplikasi [14], [15]. Pendekatan bibliometrik digunakan untuk menganalisis metadata publikasi ilmiah secara kuantitatif guna memetakan tren penelitian, struktur intelektual, serta pola perkembangan ilmu pengetahuan [16]. Selain itu, pemetaan dan visualisasi jaringan bibliometrik dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antarpenulis, negara, dan tema penelitian menggunakan perangkat lunak VOSviewer, yang telah banyak digunakan dalam studi bibliometrik internasional [17]. Pendekatan ini memungkinkan pemahaman yang komprehensif mengenai perkembangan riset AR dalam *engineering education* [4].

B. Sumber Data

Sumber data penelitian ini berasal dari basis data Scopus, yang dipilih karena memiliki cakupan luas terhadap jurnal dan prosiding bereputasi internasional di bidang pendidikan, teknologi informasi, dan rekayasa. Scopus menyediakan metadata bibliografis yang lengkap dan terstandar sehingga sesuai untuk analisis bibliometrik.

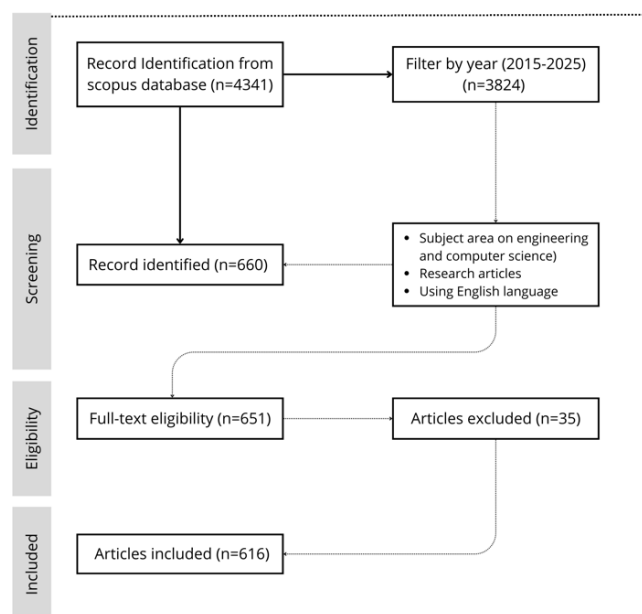
C. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi dan eksklusi diterapkan untuk melakukan penyaringan artikel. Inklusi merupakan artikel yang dipilih karena memiliki kelengkapan data yang diperlukan untuk tujuan penelitian, sementara itu eksklusi merupakan pengeluaran artikel yang tidak sesuai dengan kriteria yang diperlukan.

Tabel 1.
Tabel kriteria inklusi dan eksklusi

Kriteria	Inklusi	Eksklusi
Teknologi	Augmented reality (AR)	Teknologi lainnya seperti, virtual reality, robotic, e-learning, LMS, dll.
Tahun publikasi	2015-2025	Dibawah tahun 2015
Subjek	Peserta didik pada pendidikan Computer Science and Engineering	Peserta didik SD, SMP, SMA, dan perguruan tinggi umum
Desain penelitian	Penelitian kuasi eksperimen yang memuat kelompok control dan eksperimen dengan nilai pre-test dan post-test	Desain penelitian korelasi, regresi, studi kasus, R&D, 4D, dan penelitian kualitatif
Bahasa	Bahasa Inggris	Non-english

Metode PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) digunakan dalam penelitian ini untuk menyeleksi artikel secara sistematis berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Proses seleksi dilakukan melalui empat tahapan utama, yaitu identifikasi (*identification*), penyaringan (*screening*), kelayakan (*eligibility*), dan inklusi (*included*) [15].



Gambar 1. Metode prisma

Proses pencarian dilakukan pada kolom *title*, *abstract*, dan *keywords* dengan menggunakan kombinasi kata kunci dan operator Boolean (TITLE-ABS-KEY("augmented reality" OR "AR technology")) AND (TITLE-ABS-KEY("engineering education" OR "engineering learning" OR "technical education")). Untuk memperluas cakupan, beberapa istilah sinonim dan istilah terkait juga dipertimbangkan dalam tahap eksplorasi awal, seperti "*STEM education*", "*computer-aided instruction*", dan "*immersive learning*". Namun, hanya kata kunci yang secara langsung merepresentasikan fokus penelitian yang dipertahankan dalam string final guna menjaga spesifisitas hasil pencarian. Dari proses pencarian awal tersebut diperoleh sebanyak 4.341 publikasi. Selanjutnya, publikasi disaring berdasarkan rentang tahun publikasi 2015–2025, sehingga jumlah dokumen berkurang menjadi 3.824 publikasi.

Tahap berikutnya adalah penyaringan (*screening*), di mana dokumen diseleksi berdasarkan bidang keilmuan yang relevan

dengan pendidikan, teknik, dan ilmu komputer. Selanjutnya, penyaringan dilanjutkan dengan membatasi jenis dokumen hanya pada artikel penelitian (*research articles*), sehingga jumlah dokumen berkurang secara signifikan menjadi 660 artikel.

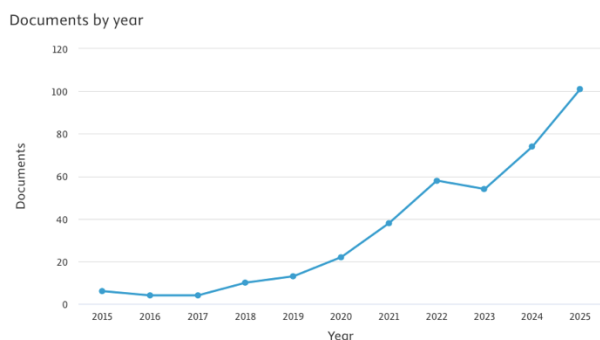
Pada tahap kelayakan (*eligibility*), artikel yang tersisa diperiksa berdasarkan kriteria tambahan, yaitu bahasa publikasi dan aksesibilitas dokumen. Artikel yang ditulis dalam bahasa Inggris dan tersedia dalam bentuk open access dipertahankan, sehingga diperoleh 651 artikel yang memenuhi kriteria kelayakan dan dapat dianalisis lebih lanjut. Selanjutnya dilakukan tahapan seleksi dengan membaca abstrak, sebanyak 35 artikel dikeluarkan karena tidak membahas konteks *augmented reality* dalam bidang keteknikan.

Tahap akhir adalah inklusi (*included*), di mana seluruh artikel yang memenuhi kriteria inklusi digunakan sebagai dataset akhir dalam analisis bibliometrik. Sebanyak 616 artikel dimasukkan dalam penelitian ini untuk dianalisis guna memetakan tren publikasi, distribusi bidang keilmuan, kontribusi negara, serta struktur tematik penelitian AR dalam konteks pendidikan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Distribusi publikasi per tahun

Secara umum, hasil analisis menunjukkan bahwa kontribusi publikasi berasal dari beberapa jurnal dan prosiding bereputasi yang memiliki fokus kuat pada teknologi pendidikan, komputasi, dan interaksi manusia-komputer. Gambar 2 menunjukkan distribusi jumlah publikasi tahunan berdasarkan sumber jurnal utama yang mempublikasikan penelitian terkait AR dalam pendidikan teknik.



Gambar 2. Distribusi publikasi per tahun

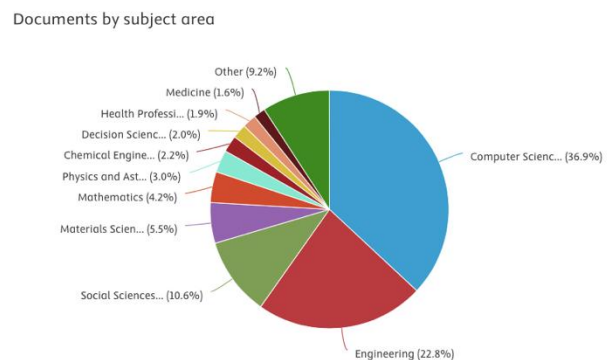
Procedia Computer Science merupakan salah satu sumber yang paling dominan pada periode awal, khususnya antara tahun 2015 hingga 2025, dengan jumlah publikasi yang relatif tinggi dibandingkan sumber lainnya. Kontribusi ini mengindikasikan bahwa penelitian awal mengenai AR dalam konteks pendidikan dan rekayasa banyak dipublikasikan melalui prosiding konferensi, yang umumnya berfungsi sebagai media diseminasi awal bagi teknologi dan pendekatan pembelajaran baru. Pola ini sejalan dengan karakteristik riset teknologi pendidikan yang sering berkembang melalui forum konferensi sebelum matang di jurnal ilmiah.

Seiring waktu, terlihat adanya pergeseran pola publikasi menuju jurnal ilmiah. IEEE Access menunjukkan tren peningkatan yang konsisten sejak tahun 2018, dengan

lonjakan publikasi yang signifikan pada periode 2023–2025. Hal ini mencerminkan meningkatnya minat komunitas riset terhadap AR sebagai topik yang semakin mapan dan relevan dalam pendidikan teknik, khususnya dari perspektif rekayasa dan teknologi informasi. Tren serupa juga dilaporkan dalam kajian bibliometrik sebelumnya yang menunjukkan bahwa teknologi pembelajaran berbasis AR mulai memperoleh legitimasi akademik yang lebih kuat melalui jurnal bereputasi tinggi [13].

B. Distribusi Bidang Penelitian

Hasil analisis menunjukkan bahwa penelitian di bidang ini bersifat multidisipliner, dengan dominasi yang kuat pada bidang ilmu komputasi dan rekayasa. Gambar 3 menunjukkan distribusi publikasi penelitian mengenai AR dalam pendidikan teknik berdasarkan bidang keilmuan (*subject area*). Bidang Computer Science menempati proporsi terbesar dengan 36,9% dari total publikasi. Dominasi ini menunjukkan bahwa pengembangan dan penerapan AR dalam pendidikan teknik sangat dipengaruhi oleh aspek komputasi, seperti pemrograman, pengembangan perangkat lunak, visualisasi tiga dimensi, dan interaksi manusia-komputer. Temuan ini sejalan dengan karakteristik AR sebagai teknologi berbasis sistem komputasi yang membutuhkan fondasi kuat dalam ilmu komputer [13].



Gambar 3. Sebaran bidang penelitian yang diamati

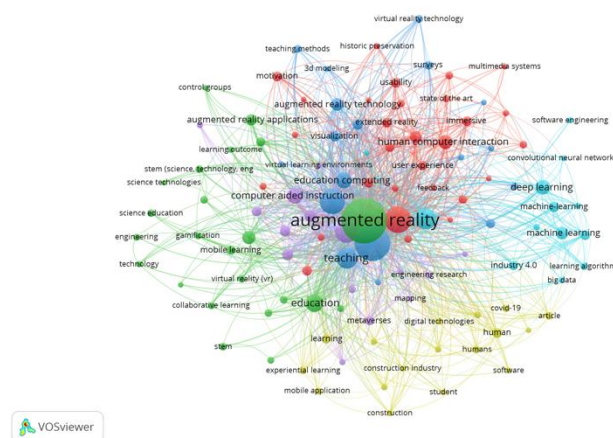
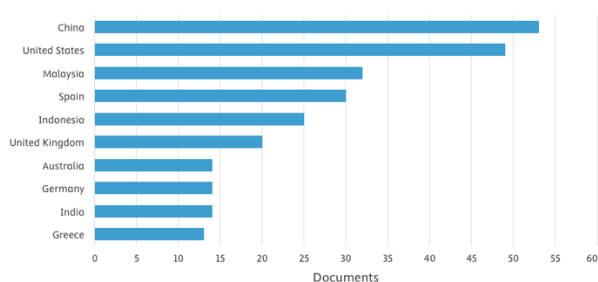
Bidang Engineering berada pada posisi kedua dengan kontribusi sebesar 22,8%. Hal ini mengindikasikan bahwa AR tidak hanya dikaji dari sisi teknologi, tetapi juga diaplikasikan secara langsung dalam konteks pembelajaran teknik, seperti simulasi proses industri, visualisasi komponen mekanik, dan pelatihan berbasis praktik. Proporsi yang signifikan pada bidang ini menegaskan relevansi AR sebagai teknologi pendukung utama dalam *engineering education* [12].

Selain itu, bidang Social Sciences menyumbang 10,6% dari total publikasi. Kontribusi ini mencerminkan meningkatnya perhatian terhadap aspek pedagogis, perilaku belajar, serta evaluasi dampak penggunaan AR terhadap pengalaman dan keterlibatan peserta didik. Keterlibatan ilmu sosial menunjukkan bahwa penelitian AR dalam pendidikan teknik tidak hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi juga pada efektivitas pembelajaran dan interaksi pengguna [12].

Bidang keilmuan lain seperti Materials Science (5,5%), Mathematics (4,2%), Physics and Astronomy (3,0%), serta

Secara keseluruhan, distribusi ini menegaskan bahwa penelitian AR dalam pendidikan teknik memiliki karakter interdisipliner, dengan dominasi ilmu komputer dan rekayasa sebagai fondasi utama, serta dukungan dari ilmu sosial dan sains terapan. Pola ini konsisten dengan temuan kajian sebelumnya yang menyatakan bahwa riset AR dalam pendidikan berkembang pada persimpangan antara teknologi, pedagogi, dan domain keilmuan spesifik [7], [10].

Dalam jaringan tersebut, kata kunci “*augmented reality*” menempati posisi paling sentral dan memiliki ukuran node terbesar, yang menunjukkan frekuensi kemunculan tertinggi serta perannya sebagai konsep inti dalam bidang penelitian ini. Posisi sentral ini mengindikasikan bahwa AR menjadi fokus utama yang menghubungkan berbagai topik penelitian lainnya, baik dari sisi teknologi maupun pedagogi. Temuan ini konsisten dengan karakteristik AR sebagai teknologi kunci dalam pengembangan pembelajaran berbasis visual dan interaktif di pendidikan teknik [10], [12].



Secara keseluruhan, analisis co-ocurance kata kunci ini mengungkap bahwa penelitian AR dalam pendidikan teknik didominasi oleh tema pengembangan teknologi dan simulasi pembelajaran, dengan peningkatan perhatian terhadap aspek pedagogis dan pengalaman belajar. Struktur jaringan ini menegaskan bahwa bidang penelitian ini berada pada persimpangan antara teknologi, rekayasa, dan

pendidikan, serta terus berkembang menuju pendekatan yang lebih holistik dan berorientasi pada pembelajaran.

Hasil analisis bibliometrik menunjukkan bahwa penelitian mengenai AR dalam *engineering education* mengalami perkembangan yang signifikan, baik dari sisi jumlah publikasi, keragaman sumber, maupun cakupan bidang keilmuan. Peningkatan jumlah publikasi pada jurnal bereputasi dan prosiding internasional dalam beberapa tahun terakhir mengindikasikan bahwa AR telah berkembang dari teknologi eksperimental menjadi pendekatan pembelajaran yang semakin mapan dalam konteks pendidikan teknik. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa AR tidak lagi diposisikan sekadar sebagai inovasi teknologi, tetapi sebagai bagian dari strategi pedagogis untuk menjawab tantangan pembelajaran teknik yang kompleks [2], [3], [6].

Dominasi bidang Computer Science dan Engineering dalam distribusi *subject area* menegaskan bahwa riset AR dalam pendidikan teknik masih berakar kuat pada aspek teknis, seperti pengembangan sistem, visualisasi tiga dimensi, simulasi, dan interaksi manusia-computer [10], [12], [13]. Namun, kontribusi signifikan dari Social Sciences menunjukkan adanya pergeseran fokus menuju evaluasi pedagogis, pengalaman belajar, serta dampak AR terhadap keterlibatan dan motivasi peserta didik [13]. Pola multidisipliner ini sejalan dengan temuan studi meta-analisis oleh [7] yang menunjukkan bahwa AR telah diterapkan pada berbagai bidang vokasional dan keteknikan dengan tujuan meningkatkan beragam capaian pembelajaran, tidak hanya aspek kognitif tetapi juga keterampilan dan sikap belajar.

Analisis jaringan *co-occurrence* kata kunci memperlihatkan bahwa “*augmented reality*” berfungsi sebagai pusat konseptual yang menghubungkan tema-tema teknologi dan pedagogi. Keterkaitan AR dengan kata kunci seperti *engineering education*, *simulation*, *laboratory skills*, *spatial ability*, dan *learning motivation* menunjukkan bahwa fokus penelitian tidak hanya tertuju pada pengembangan media, tetapi juga pada pemanfaatannya untuk mendukung pembelajaran berbasis praktik dan pengalaman [7], [10]. Temuan ini konsisten dengan hasil meta-analisis pada penelitian [12] yang melaporkan bahwa AR banyak digunakan untuk meningkatkan keterampilan laboratorium, kemampuan spasial, serta motivasi belajar peserta didik pada pendidikan vokasional dan keteknikan.

Selain itu, hasil bibliometrik menunjukkan munculnya tema-tema yang relatif baru, seperti *spatial ability*, *design education*, *behavioral observation*, dan *21st century competencies*. Tema-tema ini mengindikasikan pergeseran fokus penelitian AR dari sekadar peningkatan hasil belajar menuju pengembangan kompetensi yang lebih kompleks dan relevan dengan kebutuhan industri dan dunia kerja [11]. Hal ini memberikan konteks yang lebih luas terhadap temuan meta-analisis sebelumnya yang menunjukkan bahwa meskipun efek AR terhadap hasil belajar bersifat positif, besarnya masih tergolong kecil, sehingga dibutuhkan pendekatan pedagogis dan desain implementasi yang lebih matang agar potensi AR dapat dioptimalkan secara maksimal [18].

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menyajikan kajian bibliometrik yang komprehensif mengenai perkembangan riset AR dalam pendidikan teknik (*engineering education*). Berdasarkan analisis terhadap publikasi ilmiah yang terindeks Scopus, hasil penelitian menunjukkan bahwa minat terhadap penerapan AR dalam pendidikan teknik terus meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Peningkatan ini tercermin dari pertumbuhan jumlah publikasi, keragaman sumber jurnal, serta meluasnya bidang keilmuan yang terlibat dalam penelitian AR.

Hasil analisis menunjukkan bahwa bidang Computer Science dan Engineering mendominasi publikasi penelitian, menegaskan bahwa pengembangan dan penerapan AR dalam pendidikan teknik masih berakar kuat pada aspek teknis dan rekayasa. Namun demikian, kontribusi signifikan dari bidang Social Sciences menunjukkan adanya pergeseran fokus menuju evaluasi pedagogis, pengalaman belajar, dan dampak AR terhadap keterlibatan serta motivasi peserta didik. Temuan ini menegaskan karakter multidisipliner dari riset AR dalam pendidikan teknik.

Analisis jaringan ko-okurensi kata kunci mengungkap bahwa AR berperan sebagai konsep inti yang menghubungkan berbagai tema penelitian, seperti simulasi pembelajaran, keterampilan laboratorium, kemampuan visual-spasial, dan motivasi belajar. Struktur jaringan ini menunjukkan bahwa penelitian AR dalam pendidikan teknik telah berkembang menuju integrasi antara aspek teknologi dan pedagogi. Meskipun demikian, masih terdapat tema-tema yang relatif baru dan kurang dieksplorasi, yang menunjukkan adanya peluang penelitian lanjutan, khususnya pada konteks pembelajaran teknik spesifik dan pengembangan kompetensi abad ke-21.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi penting dengan memetakan struktur intelektual, tren penelitian, serta arah perkembangan riset AR dalam pendidikan teknik dari perspektif bibliometrik. Berbeda dengan studi empiris atau meta-analisis yang berfokus pada efektivitas pembelajaran, kajian ini menawarkan gambaran makro mengenai dinamika riset, aktor utama, dan tema dominan dalam bidang ini. Temuan penelitian diharapkan dapat menjadi rujukan bagi peneliti, pendidik, dan pengembang teknologi pembelajaran dalam merancang penelitian lanjutan dan implementasi AR yang lebih terarah, efektif, dan relevan dengan kebutuhan pendidikan teknik di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, Padang, Indonesia *et al.*, “Virtual Laboratory in Engineering Education: Investigating Its Impact on Students’ Engagement and Learning Outcomes,” *IJIET*, vol. 16, no. 2, pp. 382–392, 2026, doi: 10.18178/ijiet.2026.16.2.2511.
- [2] M. J. Prince and R. M. Felder, “Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases,” *Journal of Engineering Education*, vol. 95, no. 2, pp. 123–138, Apr. 2006, doi: 10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x.

- [3] S. Freeman *et al.*, “Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics,” *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, vol. 111, no. 23, pp. 8410–8415, Jun. 2014, doi: 10.1073/pnas.1319030111.
- [4] N. Suhail, Z. Bahroun, and V. Ahmed, “Augmented reality in engineering education: enhancing learning and application,” *Front. Virtual Real.*, vol. 5, p. 1461145, Oct. 2024, doi: 10.3389/frvir.2024.1461145.
- [5] S. Darmawan and M. Komaro, “Application of Augmented Reality (AR) In Vocational Education: A Systematic Literature Review,” *VANOS JMEE*, vol. 8, no. 2, p. 110, Nov. 2023, doi: 10.30870/vanos.v8i2.20841.
- [6] N. F. Saidin, N. D. Abd Halim, and N. Yahaya, “A Review of Research on Augmented Reality in Education: Advantages and Applications,” *IES*, vol. 8, no. 13, p. p1, Jun. 2015, doi: 10.5539/ies.v8n13p1.
- [7] J. 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, p. 103778, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103778.
- [8] D. N. E. Phon, N. Murli, N. H. C. Lah, and S. Hashim, “The Impact of Augmented Reality on Spatial Visualization Ability and Science Achievement: Exploring their Correlation”.
- [9] G. Lampropoulos, A. Del Bosque, P. Fernández-Arias, and D. Vergara, “Augmented Reality in Engineering Education: A Bibliometric Review,” *Information*, vol. 16, no. 10, p. 859, Oct. 2025, doi: 10.3390/info16100859.
- [10] J. Bacca, S. Baldiris, R. Fabregat, Kinshuk, and S. Graf, “Mobile Augmented Reality in Vocational Education and Training,” *Procedia Computer Science*, vol. 75, pp. 49–58, 2015, doi: 10.1016/j.procs.2015.12.203.
- [11] J. Garzón, “An Overview of Twenty-Five Years of Augmented Reality in Education,” *MTI*, vol. 5, no. 7, p. 37, Jul. 2021, doi: 10.3390/mti5070037.
- [12] M.-B. Ibáñez and C. Delgado-Kloos, “Augmented reality for STEM learning: A systematic review,” *Computers & Education*, vol. 123, pp. 109–123, Aug. 2018, doi: 10.1016/j.compedu.2018.05.002.
- [13] J. 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, p. 103778, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103778.
- [14] G. Lampropoulos, E. Keramopoulos, K. Diamantaras, and G. Evangelidis, “Augmented Reality and Gamification in Education: A Systematic Literature Review of Research, Applications, and Empirical Studies,” *Applied Sciences*, vol. 12, no. 13, p. 6809, Jul. 2022, doi: 10.3390/app12136809.
- [15] M. J. Page *et al.*, “The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews,” *BMJ*, p. n71, Mar. 2021, doi: 10.1136/bmj.n71.
- [16] R. Kurnia, R. Ferdiana, and S. Wibirama, “Software Metrics Classification for Agile Scrum Process: A Literature Review,” in *2018 International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*, Yogyakarta, Indonesia: IEEE, Nov. 2018, pp. 174–179. doi: 10.1109/ISRITI.2018.8864244.
- [17] N. J. Van Eck and L. Waltman, “Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping,” *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523–538, Aug. 2010, doi: 10.1007/s11192-009-0146-3.
- [18] H. Maksum, W. Purwanto, and A. Huda, “Vocational Education Revolution: Systematic Analysis of Augmented Reality Implementation in Technology and Vocational Learning,” *Journal of Education*, vol. 10, no. 2, 2025.