

***Augmented Reality* dalam Pembelajaran Geometri: Sebuah Analisis Bibliometrik**

Nurul Husnah Mustika Sari¹, Ahmad Faridh Ricky Fahmy² & Wilda Yulia Rusyida³

¹ Universitas Islam Negeri K.H. Abdurrahman Wahid Pekalongan, Pekalongan, Indonesia, 51161

E-mail: nurul.husnah.ms@uingusdur.ac.id¹, ahmad.faridh.rf@uingusdur.ac.id², wilda.yulia.rusyida@uingusdur.ac.id³

RIWAYAT ARTIKEL

Received: 2025-03-19

Revised : 2025-03-26

Accepted: 2025-03-28

KEYWORD

Citation Analysis

Publication Trend

Scopus Database

VOSviewer

KATA KUNCI

Analisis Sitasi

Basis data Scopus

Tren publikasi

VOSviewer

ABSTRACT

Augmented Reality is the latest technology used in mathematics learning, especially in geometry material. Augmented Reality has been proven to have many benefits in geometry learning. This study attempts to determine the research trend on Augmented Reality in geometry learning, the most frequently appearing keywords, the most influential authors, the most influential countries, and the most influential journals or proceedings. This study is a bibliometric study with the database used being the Scopus database with a maximum publication time of 2023, in English, and the publication has reached the final publication stage. VOSviewer software is used as a tool for analysis. Based on data analysis, it is known that there are 184 publications, with the highest increase occurring in 2020 and the highest citations occurring in 2023. The most related keywords are augmented reality, students, and geometry. The most influential authors are Kaufmann and Schmalstieg the most influential country being Taiwan and the most influential journal being CEUR workshop proceedings.

ABSTRAK

Augmented reality merupakan teknologi terkini yang dapat digunakan dalam pembelajaran matematika khususnya pada materi geometri. Augmented reality terbukti memiliki banyak kebermanfaatan dalam pembelajaran geometri. Penelitian ini berupaya untuk mengetahui tren penelitian mengenai Augmented reality pada pembelajaran geometri, kata kunci yang paling sering muncul, penulis paling berpengaruh, negara paling berpengaruh, serta jurnal atau prosiding paling berpengaruh. Penelitian ini merupakan penelitian bibliometrik dengan database yang digunakan adalah database Scopus dengan waktu terbit maksimal 2023, berbahasa inggris, serta publikasi sudah sampai pada tahap publikasi final. Software VOSviewer digunakan sebagai alat bantu untuk menganalisis. Berdasarkan analisis data, diketahui bahwa terdapat 184 publikasi dengan kenaikan tertinggi terjadi pada tahun 2020 dan Sitasi tertinggi terjadi pada tahun 2023. Kata kunci yang paling berkaitan adalah augmented reality, students, dan geometry. Penulis paling berpengaruh adalah Kaufmann dan Schmalstieg dengan negara yang paling berpengaruh adalah Taiwan dan jurnal paling berpengaruh adalah CEUR workshop proceedings.

1. Pendahuluan

Matematika merupakan ilmu dasar yang bahkan digunakan oleh ilmu-ilmu lain. Hal ini menjadikan matematika sebagai ilmu yang penting. Pentingnya matematika membuat mata pelajaran matematika dipelajari dari jenjang dasar (SD/MI) sampai jenjang menengah (SMA/MA/SMK). Bahkan matematika juga dipelajari di jenjang Perguruan Tinggi.

Perkembangan teknologi semakin pesat setiap harinya. Terlebih saat ini merupakan era *society 5.0* dimana informasi dapat dibagikan dengan mudah serta pemanfaatan internet (*Internet of Things*) yang dapat menghubungkan orang-orang dengan mudah (Audrey & Paksi, 2022). Adanya perkembangan teknologi juga berakibat pada penggunaan teknologi dalam bidang pendidikan, terutama pada pembelajaran. Salah satu bentuk teknologi yang dapat digunakan dalam pembelajaran matematika adalah *Augmented reality* (Caridade, 2022; Shaghaghian et al., 2024).

Augmented reality (AR) merupakan salah satu inovasi teknologi terbaru yang dapat digunakan untuk meningkatkan pengalaman belajar (Rebollo et al., 2022). AR menggabungkan dunia nyata dengan dunia virtual dimana memungkinkan pengguna untuk melihat realitas melalui objek virtual yang digabungkan dengan dunia nyata (Azuma, 1997). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa AR memberikan manfaat dalam pembelajaran matematika. AR dapat meningkatkan kemampuan berpikir kritis matematis siswa (Richardo et al., 2023), membantu dalam pemahaman konsep materi (Polishchuk & Voznosyenko, 2022), serta mengembangkan kemampuan spasial (Özçakır & Çakıroğlu, 2022).

Geometri merupakan bagian dari ilmu matematika dan memiliki hubungan yang erat dengan penggunaan AR. Hal ini dikarenakan AR cocok digunakan dalam pembelajaran geometri. Melalui AR, objek tiga dimensi dapat dirotasikan sehingga mudah dilihat dari berbagai perspektif (Rohendi et al., 2018).

Sebelumnya, telah ada penelitian mengenai tren penelitian AR dalam pembelajaran matematika yang telah dilakukan oleh Hakim et al. (2024). Namun belum terdapat penelitian yang membahas tren penelitian AR dalam pembelajaran geometri. Oleh karena itu, perlu adanya penelitian yang membahas tren penelitian AR dalam pembelajaran geometri. Penelitian ini bertujuan untuk menjawab masalah-masalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana tren publikasi mengenai AR pada pembelajaran geometri berdasarkan Scopus *database*?
- 2) Apa topik atau kata kunci yang paling sering muncul pada publikasi mengenai AR pada pembelajaran geometri berdasarkan Scopus *database*?
- 3) Siapa penulis yang paling berpengaruh pada publikasi mengenai AR pada pembelajaran geometri berdasarkan Scopus *database*?
- 4) Negara mana yang paling berpengaruh dalam publikasi mengenai AR pada pembelajaran geometri berdasarkan Scopus *database*?
- 5) Jurnal apa yang paling berpengaruh yang membahas *Augmented Reality* pada pembelajaran geometri berdasarkan database scopus?

2. Tinjauan Literatur

Perkembangan teknologi digital telah memungkinkan manusia untuk berinteraksi dengan dunia digital. Salah satu bentuk teknologi tersebut adalah AR. AR adalah teknologi yang memungkinkan citra virtual ditumpangkan pada dunia nyata (Billinghurst, 2011). AR menggabungkan objek virtual dan nyata menjadi satu tampilan yang koheren secara spasial (You & Neumann, 2015).

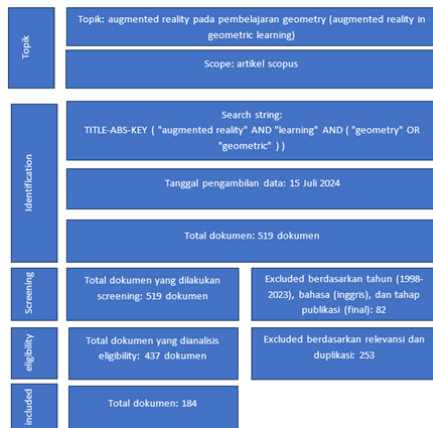
AR merupakan teknologi yang memberikan banyak manfaat di dunia pendidikan, terutama dalam pembelajaran geometri. Penggunaan AR dalam pendidikan geometri memberikan berbagai keuntungan, membantu meningkatkan pengalaman belajar serta memperdalam pemahaman siswa terhadap konsep-konsep geometri yang rumit. AR memungkinkan siswa untuk memvisualisasikan dan berinteraksi dengan bentuk geometris tiga dimensi, yang seringkali sulit dipahami melalui metode 2D tradisional seperti buku teks atau ilustrasi papan tulis (Schutera et al., 2021). AR menyediakan kombinasi dunia nyata dan virtual, yang memungkinkan siswa untuk melihat dan memanipulasi objek geometris dalam konteks spasial, yang sangat penting untuk mengembangkan kemampuan spasial (Liao et al., 2015).

Sifat interaktif AR membuat pembelajaran lebih menarik dan menyenangkan bagi siswa. Keterlibatan yang meningkat ini sering kali menghasilkan hasil pembelajaran yang lebih baik dan motivasi yang lebih tinggi untuk mempelajari geometri (Pujiastuti & Haryadi, 2024). Penggunaan AR dalam modul pembelajaran geometri terbukti dapat meningkatkan pengetahuan konseptual dan prosedural siswa dengan memberikan pengalaman

belajar yang interaktif dan menarik (Nadzri et al., 2024).

3. Metode

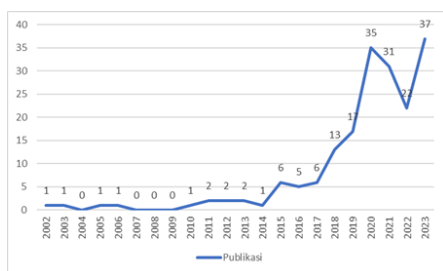
Penelitian ini merupakan penelitian bibliometrik. Data diambil dari metadata publikasi. Metode yang digunakan adalah metode PRISMA dengan *flowchart* seperti pada Gambar 1. Data yang digunakan merupakan artikel yang dipublikasikan di Scopus. Data diambil pada tanggal 15 Juli 2024. Data Scopus digunakan karena Scopus merupakan sumber basis data abstrak dan kutipan terbesar yang memastikan hanya data dengan kualitas tertinggi yang diindeks melalui pemilihan konten yang ketat (Baas et al., 2020). Selain itu, Scopus memungkinkan men-*download* 2000 data pertama dalam kueri (Moral-muñoz et al., 2020). Analisis data dilakukan dengan bantuan *software* VOSviewer 1.6.19.



Gambar 1. Metode PRISMA

4. Hasil

Pencarian dengan metode PRISMA mendapatkan hasil sebagai berikut. Terdapat 184 publikasi yang diteliti. Publikasi pertama mengenai AR dalam pembelajaran geometri muncul pada tahun 2002. Berikut tren penelitian AR dalam pembelajaran geometri sampai tahun 2023.



Gambar 2. Jumlah Penelitian *Augmented Reality* dalam Pembelajaran Geometri

Berdasarkan Gambar 2, penelitian mengenai AR dalam Pembelajaran Geometri pertama kali muncul pada tahun 2002. Publikasi mengalami peningkatan tertinggi pada tahun 2020. Peningkatan tertinggi kedua terjadi pada tahun 2023. Sementara itu, pada tahun 2002 terjadi penurunan yang cukup tinggi. Hal ini dimungkinkan terjadi karena efek pandemi covid.

Selanjutnya, dari penelitian-penelitian tersebut didapat data Sitasi yang tersaji pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, Sitasi tertinggi terjadi pada tahun 2003, yaitu pada tahun 2003 hanya terdapat 1 artikel. Artikel tersebut berjudul *Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality* oleh Kaufmann dan Schmalstieg (2003).

Tabel 1. Data Sitasi penelitian *Augmented Reality* dalam Pembelajaran Geometri

Tahun	TP	NPC	TC	NPC/TC
2002	1	1	57	57
2003	1	1	373	373
2004	0	0	0	0
2005	1	1	2	2
2006	1	1	59	59
2007	0	0	0	0
2008	0	0	0	0
2009	0	0	0	0
2010	1	1	23	23
2011	2	2	176	88
2012	2	2	51	25.5
2013	2	2	31	15.5
2014	1	1	26	26
2015	6	6	172	28.67
2016	5	4	211	52.75
2017	6	5	63	12.6
2018	13	12	256	21.33
2019	17	16	262	16.375
2020	35	33	846	25.64
2021	31	29	285	9.83
2022	22	16	80	5
2023	37	26	162	6.23

Keterangan:

TP: banyaknya publikasi

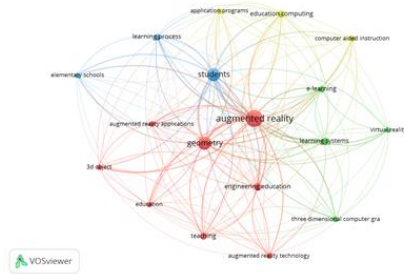
NPC: banyaknya publikasi yang tersitasi

TC: banyaknya sitasi

Kata kunci yang paling sering muncul

Penggunaan *index keyword* dengan *minimum number of occurrence* 10 kata kunci, diperoleh data *co-occurrence* yang tersaji pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 3, terdapat 4 kluster. Kluster 1

terdiri dari 8 item yaitu *3D object*, *augmented reality*, *augmented reality applications*, *augmented reality technology*, *education*, *engineering education*, *geometry*, *teaching*. Kluster 2 terdiri dari *e-learning*, *learning systems*, *three dimensional computer graphics*, *virtual reality*. Sementara itu kluster 3 terdiri dari 3 item yaitu *elementary schools*, *learning process*, *students*. Kluster 4 terdiri dari *application programs*, *computer aided instruction*, *education computing*. Sementara itu, kata kunci yang memiliki jarak terjauh dengan AR *elementary schools*, yang bermakna *elementary schools* jarang muncul bersama AR atau masih jarang diteliti. Kata kunci *virtual reality* tidak terhubung dengan kata kunci *elementary schools*, *education*, dan *3D object* sehingga topik-topik tersebut dapat digunakan sebagai tema penelitian selanjutnya.



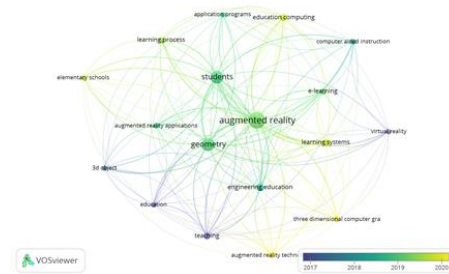
Gambar 3. Peta Co-occurrence berdasarkan indexed keyword

Secara lengkap, hasil data *co-occurrence* juga ditampilkan pada Tabel 2. Berdasarkan Tabel 2, kata kunci yang paling sering muncul adalah *augmented reality*, *students*, dan *geometry*. Jika dilihat berdasarkan waktu kemunculannya, kata kunci terkini mengenai *augmented reality* pada pembelajaran geometri adalah *learning system*, *three dimensional computer graphic*, dan *augmented reality technology*. Hal ini dapat terlihat pada Gambar 4.

Tabel 2. Data Co-occurrence

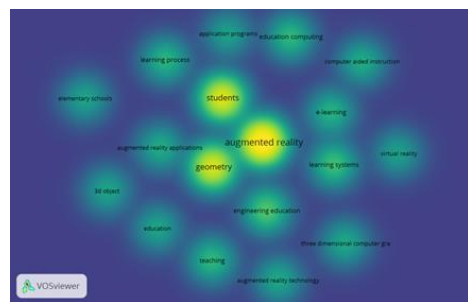
No	Keyword	Occurrences	Total link strength
1	Augmented Reality	107	103
2	Students	68	68
3	Geometry	65	65
4	Engineering education	25	25
5	Learning systems	21	21
6	Education computing	18	18
7	Teaching	18	18
8	Learning process	17	17
9	e-learning	16	16

10	Augmented reality applications	14	14
11	Computer aided instruction	14	14
12	Three dimensional computer graphics	13	13
13	Augmented reality technology	13	13
14	Elementary schools	12	12
15	3d object	12	12
16	Education	12	12
17	Virtual reality	11	11
18	Application programs	11	11



Gambar 2. Peta Co-occurrence Kata Kunci berdasarkan Waktu

Berdasarkan Gambar 4, topik yang paling lama adalah *education*. Hal ini terlihat dari gambar yang berwarna biru tua. Sementara itu, topik terkini terkait AR dalam pembelajaran geometri adalah mengenai *Augmented Reality technology* (dengan rata-rata tahun publikasi 2020,46) dan *three dimensional computer graphic* (dengan rata-rata tahun publikasi 2019,85). Jika dilihat berdasarkan *density visualization*, topik yang masih jarang dibahas adalah *application program*, *virtual reality*, dan *elementary school*. Hasil ini terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Density Visualization Kata Kunci

Penulis paling berpengaruh

Terdapat 175 penulis yang membuat publikasi mengenai AR dalam pembelajaran geometri. Sebanyak 175 penulis tersebut, setelah dianalisis dengan *citation analysis* diperoleh data penulis dengan Sitasi tertinggi yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Daftar 10 Penulis dengan sitasi tertinggi

Rangking	Penulis	Sitasi
1	Kaufmann H.; Schmalstieg D.	432
2	Chen Y.-C.; Chi H.-L.; Hung W.-H.; Kang S.-C.	126
3	Lin H.-C.K.; Chen M.-C.; Chang C.-K.	118
4	Ibáñez M.B.; Uriarte Portillo A.; Zatarain Cabada R.; Barrón M.L.	111
5	Chen Y.-C.	107
6	Demitriadou E.; Stavroulia K.-E.; Lanitis A.	101
7	Irwansyah F.S.; Yusuf Y.M.; Farida I.; Ramdhani M.A.	100
8	Jesionkowska J.; Wild F.; Deval Y.	92
9	Lin C.-Y.; Chai H.-C.; Wang J.-Y.; Chen C.-J.; Liu Y.-H.; Chen C.-W.; Lin C.-W.; Huang Y.-M.	78
10	Laine T.H.; Nygren E.; Dirin A.; Suk H.-J.	74

Sementara itu, jika dilihat berdasarkan banyaknya publikasi, berikut data penulis dengan banyaknya publikasi minimal dua publikasi.

Tabel 4. Daftar Penulis dengan banyaknya publikasi minimal dua artikel

Rangking	Penulis	Publikasi
1	Shaghaghian Z.; Burte H.; Song D.; Yan W.	3
2	Kaufmann H.; Schmalstieg D.	2
3	Gargrish S.; Mantri A.; Kaur D.P.	2
4	Sarkar P.; Kadam K.; Pillai J.S.	2
5	Sun K.T.; Chen M.H.	2
6	Carlos-Chullo J.D.; Vilca-Quispe M.; Castro-Gutierrez E.	2
7	Sudirman; Kusumah Y.S.; Martadiputra B.A.P.	2
8	Pujiastuti H.; Haryadi R.	2

Berdasarkan Tabel 3 dan 4, penulis yang paling berpengaruh dalam bidang AR pada pembelajaran geometri adalah Kaufmann H.; Schmalstieg D. dengan sitasi 432 (peringkat 1) serta banyaknya publikasi adalah 2 publikasi.

Negara paling berpengaruh

Setelah dilakukan *citation analysis*, diperoleh data banyaknya sitasi dan publikasi berdasarkan negara. Data tersebut disajikan pada Tabel 5. Berdasarkan Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa negara yang paling berpengaruh berdasarkan sitasi dan publikasi tertinggi adalah negara Taiwan yang menempati *rangking* 1 berdasarkan sitasi dan menduduki *rangking* 2 untuk jumlah publikasi.

Tabel 5. Daftar Negara Paling Berpengaruh berdasarkan Sitasi dan Publikasi Tertinggi

Rangking	Negara	Sitasi	Negara	Publikasi
1	Taiwan	557	Indonesia	52
2	Austria	494	Taiwan	18
3	Indonesia	456	India	15
4	Spain	236	United States	11
5	India	285	China	9
6	Turkey	152	Turkey	8
7	Ukraine	118	Spain	7
8	United Kingdom	117	Brazil	7
9	China	115	Germany	7
10	United States	86	Malaysia	7

Jurnal paling berpengaruh

Terdapat 119 jurnal maupun prosiding yang membahas AR pada pembelajaran matematika. Tabel 6 menunjukkan data 5 jurnal dan prosiding dengan sitasi dan banyaknya publikasi paling tinggi. Berdasarkan Tabel 6, maka jurnal atau prosiding yang paling berpengaruh adalah *CEUR (Central Europe) workshop proceedings*.

Tabel 6. Jurnal/prosiding dengan Sitasi dan Publikasi Tertinggi

No	Jurnal/prosiding	Sitasi	Publikasi
1	<i>Ceur workshop proceedings</i>	118	6
2	<i>Journal of physics; conference series</i>	87	15
3	<i>International Journal of Interactive Mobile Technologies</i>	56	6
4	<i>Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)</i>	26	8
5	<i>Aip conference proceedings</i>	10	11

5. Diskusi

Publikasi mengenai AR dalam Pembelajaran Geometri pertama kali muncul pada tahun 2002 oleh Kaufmann, H (2002) dengan judul *Construct3D: An augmented reality application for mathematics and geometry education*. Publikasi mengalami peningkatan tertinggi pada tahun 2020 dan mengalami penurunan yang cukup tinggi pada tahun 2022. Terkait sitasi tertinggi, sitasi tertinggi terjadi pada tahun 2003 yang terdiri dari 1 artikel yang berjudul *Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality* oleh Kaufmann H.; Schmalstieg D. Artikel ini merupakan kelanjutan dari artikel Kaufmann

sebelumnya mengenai Construct3D, alat konstruksi geometris 3D yang dirancang khusus untuk pendidikan matematika dan geometri. Alat ini didasarkan pada sistem realitas ditambah kolaboratif seluler "*Studierstube*" (Kaufmann & Schmalstieg, 2003).

Melalui kedua hasil tersebut dapat terlihat bahwa Kaufmann merupakan peneliti yang paling berpengaruh. Hasil ini juga sesuai dengan data penulis dengan sitasi tertinggi dengan hasil penulis dengan sitasi tertinggi adalah Kaufmann H. dan Schmalstieg D (2003). Hal ini dapat terjadi karena publikasi tersebut merupakan publikasi yang muncul pada masa awal, sehingga publikasi-publikasi lain mensitasi publikasi tersebut. Sementara itu, negara yang paling berpengaruh berdasarkan sitasi dan publikasi tertinggi adalah negara Taiwan yang menempati *ranking* 1 berdasarkan sitasi dan menduduki *ranking* 2 untuk jumlah publikasi. Hal ini didukung oleh Rong dan Ming-Shen (2005) yang menyatakan bahwa industri teknologi informasi (TI) Taiwan menunjukkan betapa kompetitifnya perusahaan manufakturnya di tingkat internasional dalam dua dekade terakhir. Sementara itu, laporan penelitian Tung (2024) yang memberikan hasil bahwa pada tahun 2022 Taiwan memegang posisi penting dalam ekosistem teknologi global, menguasai 63% pasar semikonduktor dunia dan memproduksi 73% chip canggih di bawah tujuh nanometer. Hal ini menjadikan Taiwan pemain utama dalam pengembangan teknologi di seluruh dunia.

6. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan, diketahui bahwa terdapat 184 publikasi mengenai AR dalam pembelajaran geometri dengan peningkatan signifikan terjadi pada dari tahun 2019 ke 2020 dengan banyaknya sitasi tertinggi terjadi pada tahun 2003. Tiga kata kunci yang sering muncul mengenai AR dalam pembelajaran geometri adalah AR, *students*, dan *geometry* dengan kata kunci yang paling terkini adalah *augmented reality technology*. Penulis paling berpengaruh terkait AR pada pembelajaran geometri adalah Kaufmann H. dan Schmalstieg D. Sementara itu, negara yang paling berpengaruh pada topik ini adalah Taiwan dan jurnal yang paling berpengaruh adalah jurnal CEUR (*Central Europe*) *workshop proceedings*. Berdasarkan analisis kata kunci, penelitian selanjutnya terkait AR dapat dikaitkan dengan penggunaan AR di sekolah dasar karena kata kunci *elementary school* memiliki jarak terjauh dengan

AR. Selain itu, topik *virtual reality* dan *elementary school* juga masih jarang dibahas bersama-sama.

7. Referensi

- Audrey, A. A., & Paksi, A. K. (2022). The challenges of the Japanese government to implement society. *Proceedings of the International Conference on Public Organization (ICONPO 2021)*, 209(ICONPO 2021), 453–460.
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1561/11000000049>
- Baas, J., Schotten, M., Plume, A., Côté, G., & Karimi, R. (2020). Scopus as a curated, high-quality bibliometric data source for academic research in quantitative science studies. *Quantitative Science Studies*, 1, 1–10. https://doi.org/10.1162/qss_a_00019
- Billinghurst, M. (2011). The future of augmented reality in our everyday life. *Proceedings of the International Display Workshops*, 3, 1975–1978. <https://www.scopus.com/>
- Caridade, C. M. R. (2022). GeoGebra augmented reality: Ideas for teaching and learning math. In F. Yilmaz, A. Queiruga-Dios, M. J. Santos Sánchez, D. Rasteiro, V. Gayoso Martínez, & J. Martín Vaquero (Eds.), *Mathematical Methods for Engineering Applications: ICMASE 2021, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics* (pp. 235–244). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96401-6_22
- Hakim, L. L., Hidayat, H., Salmun, A., & Sulastri, Y. L. (2024). Applications of augmented reality in mathematics learning: A bibliometric and content analysis. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-206-4_29
- Kaufmann, H. (2002). Construct3D: An augmented reality application for mathematics and geometry education. *Proceedings of the 10th ACM International Conference on Multimedia (MULTIMEDIA 2002)*. <https://doi.org/10.1145/641007.641140>
- Kaufmann, H., & Schmalstieg, D. (2003). Mathematics and geometry education with collaborative augmented reality. *Computers and Graphics (Pergamon)*. [https://doi.org/10.1016/S0097-8493\(03\)00028-1](https://doi.org/10.1016/S0097-8493(03)00028-1)
- Liao, Y.-T., Yu, C.-H., & Wu, C.-C. (2015). Learning geometry with augmented reality to enhance spatial ability. *2015 International*

- Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering*, 221–222. <https://doi.org/10.1109/LaTiCE.2015.40>
- Moral-Muñoz, J. A., Herrera-Viedma, E., Santisteban-Espejo, A., & Cobo, M. J. (2020). Software tools for conducting bibliometric analysis in science: An up-to-date review. *El Profesional de La Información*, 29(1), 1–20.
- Nadzri, A. Y. N. M., Ayub, A. F. M., Zulkifli, N. N., & Salim, N. R. (2024). Implications of AR modules on geometry conceptual and procedural knowledge among primary school students. *Malaysian Journal of Mathematical Sciences*, 18(1), 51–72. <https://doi.org/10.47836/mjms.18.1.04>
- Özçakır, B., & Çakiroğlu, E. (2022). Fostering spatial abilities of middle school students through augmented reality: Spatial strategies. *Education and Information Technologies*, 27(4), 2977–3010. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10729-3>
- Polishchuk, T., & Voznosyenko, D. (2022). Using of augmented reality technology in the process of training future teachers during the study of mathematical disciplines. *Proceedings of the Third Workshop on Technology Enhanced Learning Environments for Blended Education*, June 10–11, Foggia, Italy.
- Pujiastuti, H., & Haryadi, R. (2024). The effectiveness of using augmented reality on the geometry thinking ability of junior high school students. *Procedia Computer Science*, 234, 1738–1745. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.03.180>
- Rebollo, C., Remolar, I., Rossano, V., & Lanzilotti, R. (2022). Multimedia augmented reality game for learning math. *Multimedia Tools and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s11042-021-10821-3>
- Richardo, R., Wijaya, A., Rochmadi, T., Abdullah, A. A., Nurkhamid, Astuti, A. W., & Hidayah, K. N. (2023). Ethnomathematics augmented reality: Android-based learning multimedia to improve creative thinking skills on geometry. *International Journal of Information and Educational Technology*, 13(4), 731–737. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2023.13.4.1860>
- Rohendi, D., Septian, S., & Sutarno, H. (2018). The use of geometry learning media based on augmented reality for junior high school students. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 306(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/306/1/012029>
- Rong-I, W., & Ming-Shen, T. (2005). Taiwan's information technology industry. In *Manufacturing Competitiveness in Asia* (pp. 75–105). <https://doi.org/10.4324/9780203986660-4>
- Schutera, S., Schnierle, M., Wu, M., Pertz, T., Seybold, J., Bauer, P., Teutscher, D., Raedle, M., Heß-Mohr, N., Röck, S., & Krause, M. J. (2021). On the potential of augmented reality for mathematics teaching with the application cleARmaths. *Education Sciences*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/educsci11080368>
- Shaghaghian, Z., Burte, H., Song, D., & Yan, W. (2024). An augmented reality application and experiment for understanding and learning spatial transformation matrices. *Virtual Reality*, 28(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00904-x>
- Tung, C.-Y. (2024). *Taiwan and the global semiconductor supply chain* (Issue February).
- You, S., & Neumann, U. (2015). Visual tracking for augmented reality in natural environments. In *Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality* (2nd ed., pp. 151–172). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18703-12>



© 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution Share Alike (CC BY SA) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).