

Sorotan Literatur Bersistemik: Trend *Augmented Reality* dalam Pengajaran dan Pembelajaran Matematik

(Systematic Literature Review : The Trend Of Augmented Reality In Mathematics Teaching And Learning)

Reanuga Manikam^{1*} , Siti Mistima Maat²

¹Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), 43600 Bangi, Selangor, Malaysia.

Email: p111172@siswa.ukm.edu.my

²Fakulti Pendidikan, Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), 43600 Bangi, Selangor, Malaysia.

Email: sitimistima@ukm.edu.my

CORRESPONDING

AUTHOR (*):

Reanuga Manikam
(p111172@siswa.ukm.edu.my)

KATA KUNCI:

Augmented Reality
Pengajaran dan pembelajaran
Matematik
Sorotan literatur sistematik

KEYWORDS:

Augmented Reality
Teaching and learning
Mathematics
Systematic literature review

CITATION:

Reanuga Manikam & Siti Mistima Maat.
(2023). Sorotan Literatur Bersistemik:
Trend Augmented Reality dalam
Pengajaran dan Pembelajaran Matematik.
*Malaysian Journal of Social Sciences and
Humanities (MJSSH)*, 8(1), e002046.
<https://doi.org/10.47405/mjssh.v8i1.2046>

ABSTRAK

Kajian tinjauan ini bertujuan untuk mengenal pasti trend Augmented Reality (AR) dalam pengajaran dan pembelajaran. Penggunaan AR telah berkembang pesat terutama di sektor pendidikan. Walau bagaimanapun, hanya artikel yang terhad telah mengkaji secara sistematik trend penyelidikan dalam pelaksanaan AR dalam pengajaran dan pembelajaran Matematik. Maka, tinjauan literatur sistematik ini bertujuan bagi mengenalpasti trend AR dalam pengajaran dan pembelajaran Matematik dari tahun 2018-2022. Sebanyak 488 artikel yang berkaitan dengan AR telah dikenalpasti melalui saringan pangkalan SCOPUS dan WOS. Tinjauan ini hanya dapat mengenal pasti 30 artikel berdasarkan kerangka Meta-Analisis (PRISMA). Kesemua artikel ini dinalisis dan dikelompokkan dalam empat tema untuk menggambarkan trend fokus penyelidikan ini : rekabentuk, topik matematik, kaedah ujian dan jenis sumbangan AR. Lebih-lebih lagi, tinjauan yang disintesis ini yang berkaitan dengan pengajaran dan pembelajaran matematik melalui AR ini dapat memberi manfaat kepada penyelidik dan pendidik dengan memberi cadangan bagi penyelidikan masa depan.

ABSTRACT

The purpose of this study is to identify the augmented reality (AR) trend in education. The use of augmented reality has skyrocketed, particularly in the educational field. Only a small number of studies, meanwhile, have comprehensively examined research trends in the use of augmented reality in math instruction. In order to detect AR trends in Math teaching and learning from 2018–2022, a thorough literature study was conducted. SCOPUS and WOS base filters were used to find a total of 488 AR-related articles. Only 30 papers can be found in this review based on the Meta-Analysis approach (PRISMA). To highlight the focus of this research, all of these articles are examined and divided

into four themes: design, mathematical topics, test methodologies, and AR contribution categories. Additionally, by offering ideas for future research, these synthesis surveys on mathematics teaching and learning with AR can help researchers and educators.

Sumbangan/Keaslian: Kajian ini menyumbang kepada literatur sedia ada berkaitan dengan *Augmented Reality* dalam pengajaran dan pembelajaran matematik.

1. Pengenalan

Dunia pendidikan sentiasa memperbaharui kemahiran teknologi dari semasa ke semasa sejajar dengan Revolusi Perindustrian 4.0 (IR4). Sistem pendidikan terkini berfokuskan kepada penggunaan teknologi dalam Pendidikan terutamanya "*Virtual Learning*" (VR). Persekitaran VR telah membawa pengalaman baru kepada pelajar dan mendapat perhatian daripada banyak penyelidik. [Huang dan Liaw \(2018\)](#) telah mengkaji banyak kes teknologi 3D di pembelajaran dan pendidikan, kemudian mereka mendapati bahawa pelajar dalam persekitaran maya reka bentuk yang betul dapat menggunakan usaha kurang kognitif untuk mendapatkan pengalaman dan pengetahuan yang lebih baik daripada pendidikan tradisional persekitaran. Menurut [Shuhui Li \(2022\)](#), doktor yang memainkan aplikasi video simulasi 3 jam setiap minggu membuat kesilapan lebih kurang dan melakukan pembedahan lebih cepat daripada mereka yang tidak pernah memainkan peranan dalam aplikasi simulasi. Persekitaran maya 3D seperti "*Second Life*" digunakan di banyak sekolah sebagai alat pembelajaran maya ([Warburton, 2009](#)). Ini dapat memberi peluang pendidikan kepada lebih banyak pelajar dengan tahap motivasi yang tinggi.

Augmented Reality (AR) secara amnya dianggap sebagai lanjutan dari VR. Teknologi ini ditakrifkan dalam sains komputer sebagai mempunyai tiga ciri penting: mempunyai elemen maya bertindih di dunia nyata, interaksi masa nyata dan didaftarkan dalam 3D ([Azuma, 1997](#)). Tidak lama lagi, AR akan digabungkan dengan objek maya dengan dunia nyata. Pengguna boleh berinteraksi dengan objek 3D maya di persekitaran sebenar. Persekitaran pembelajaran berasaskan AR yang ideal dengan jelas membolehkan perwakilan 3D peristiwa yang tidak dapat dilihat dan sukar dilihat, memudahkan merealisasikan topik dan memberikan pemahaman mengenai subjek yang sukar difahami oleh pelajar. AR boleh digunakan dengan strategi pengajaran seperti penemuan, pembelajaran koperatif dan kolaboratif ([Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018](#)).

AR menawarkan pelbagai faedah yang menyokong proses pengajaran dan pembelajaran Matematik. Aplikasi AR membolehkan interaksi manusia dengan mesin menjadi lebih semula jadi dan memelihara persekitaran pengguna. Proses ini boleh dicapai melalui integrasi objek maya dalam persekitaran sebenar. Kelebihan utama penggunaan AR adalah bahawa pelajar sebenarnya melihat objek 3D yang mereka sehingga sekarang terpaksa mengira dan membina dengan tradisional (kebanyakan kaedah pen dan kertas). Pelajar akan mendapat pengalaman dengan menggabungkan persekitaran sebenar mereka dengan persekitaran maya yang dirancang. Selanjutnya, AR di dalam kelas menyumbang kepada peningkatan minat dan komitmen pelajar dalam pembelajaran matematik, serta pelajar dapat berinteraksi dan bekerjasama dengan lebih baik. Ini menunjukkan AR menyediakan pelajar bersedia dengan pelbagai pilihan, membantu meningkatkan motivasi pelajar, dan meningkatkan pencapaian akademik mereka. Sebagai contoh, *Pokémon GO* memulakan trend untuk orang dewasa dan kanak-kanak

pada tahun 2016 dan ia telah menunjukkan potensi AR yang ditawarkan kepada dunia globalisasi ini.

Teknologi *Augmented Reality* bertujuan untuk menggabungkan persekitaran sebenar di komputer dan mempromosikan dengan data maya, menghasilkan pelajar penggabungan antara keadaan sebenar di hadapan dia dan keadaan maya yang dihasilkan oleh komputer, yang seterusnya meningkatkan keadaan sebenar dengan maklumat tambahan. Ia menyasarkan untuk merancang sistem di mana perubahan antara dunia fizikal dan apa yang telah dimasukkan ke dalamnya tidak dapat disedari, oleh teknologi realiti tambahan. Semasa pelajar menggunakan teknologi ini untuk memikirkan persekitarannya persekitaran, objek di persekitaran ini adalah diberikan maklumat yang sesuai dengan gambar yang dia fikirkan atau diberikan bentuk 3D yang dapat dikawal semasa dipaparkan di skrin. Teknologi realiti *Augmented* juga sangat membantu untuk memberi inspirasi kepada pelajar dan membuat pengalaman belajar lebih menyeronokkan (Shubham et al., 2018). Persoalannya, bagaimana AR boleh membantu meningkatkan proses pembelajaran di samping aspek permainan?

Maka, objektif tinjauan ini adalah untuk mengkaji, menganalisis dan mengklasifikasikan kajian yang berkaitan dengan pengajaran pembelajaran matematik melalui *Augmented Reality* (AR). Justeru sorotan literatur bersistematik ini dijalankan untuk menjawab persoalan-persoalan berikut :

- i. Apakah yang dikatakan oleh penyelidikan mengenai pelaksanaan, pembangunan dan keberkesanan AR?
- ii. Apakah pendekatan penyelidikan yang digunakan untuk mempelajari AR dalam pembelajaran matematik?
- iii. Apakah kaedah yang digunakan untuk menilai AR dalam pengajaran dan pembelajaran matematik?
- iv. Apakah topik utama dalam matematik yang menerapkan AR untuk belajar?

2. Metod Kajian

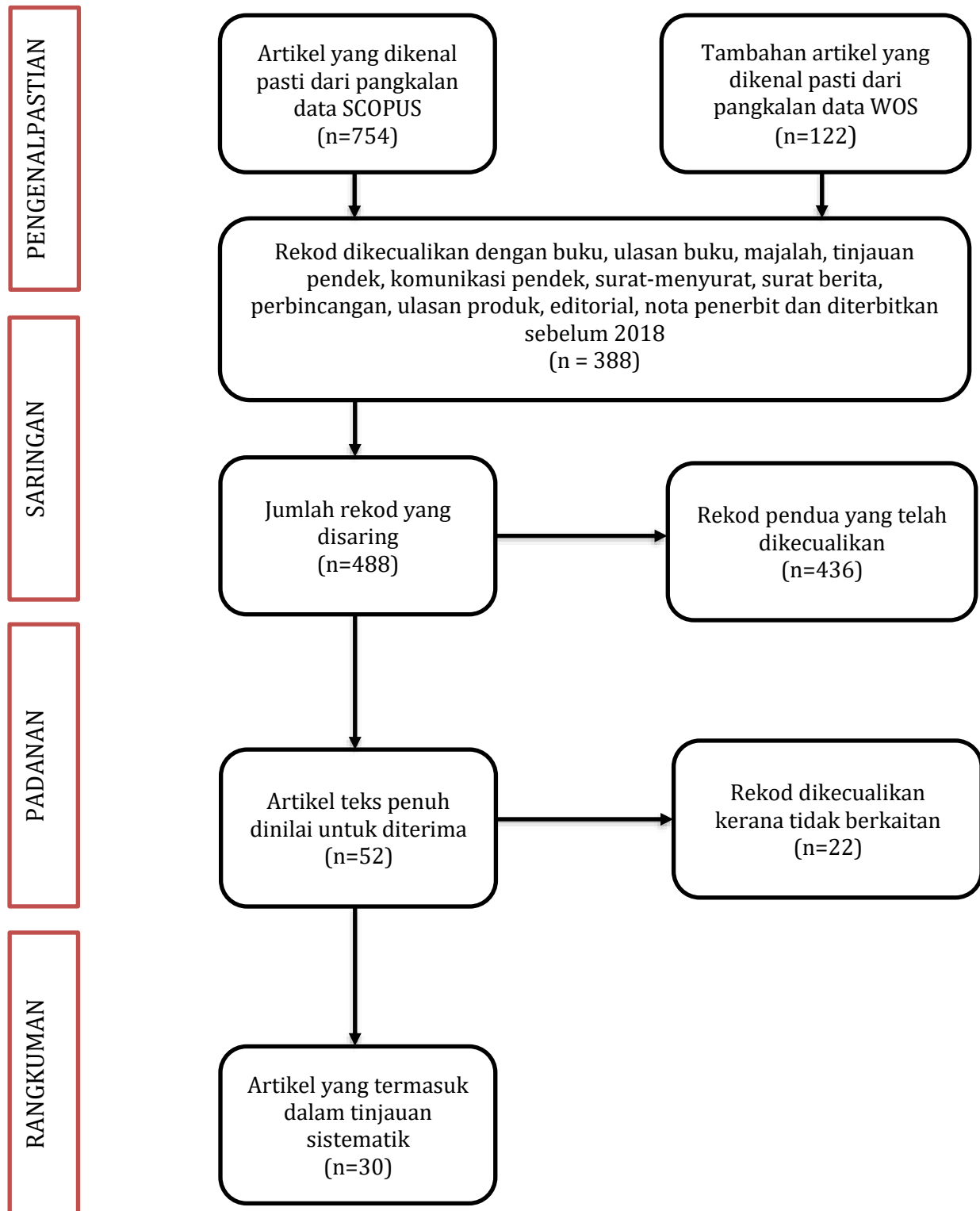
Tinjauan literatur sistematik ini telah dilaksanakan berdasarkan garis panduan Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses (PRISMA) bagi menyampaikan gambaran yang komprehensif mengenai literatur yang berkaitan dengan AR dalam pengajaran dan pembelajaran matematik. 30 artikel yang telah dipilih bagi menjawab soalan kajian tinjauan literatur sistematik ini berdasarkan kriteria-kriteria berikut :

- a) Diterbitkan dalam jurnal akademik berwasit (jurnal/artikel yang berkualiti tinggi).
- b) Membincangkan pelaksanaan AR untuk pengajaran dan pembelajaran matematik.
- c) Diterbitkan dalam tempoh lima tahun yang lalu, iaitu 2018-2022 (untuk mengkaji penerbitan trend).
- d) Diindeks dalam pangkalan data SCOPUS dan WOS (untuk kualiti pengindeksan dan petikan).
- e) Ditulis dalam bahasa Inggeris.

Bagi mengenal pasti artikel dengan tepat, tinjauan ini telah ditetapkan oleh kriteria pengecualian berikut untuk jenis dokumen: buku, ulasan buku, majalah, tinjauan pendek, komunikasi pendek (*short communication*), surat-menyurat, surat berita, perbincangan, ulasan produk, editorial, nota penerbit dan *erratum*. [Rajah 1](#) menunjukkan gambar rajah alir PRISMA. Bagi mengenal pasti tema yang berkaitan dengan corak dan trend

penyelidikan dalam kajian, analisis tematik ringkas telah dijalankan. Kesemua 30 artikel telah dianalisis dan data telah dikumpulkan bagi menjawab soalan kajian dan digolongkan kepada empat tema utama.

Rajah 1: Carta alir PRISMA



Artikel-artikel dikenalpasti melalui pangkalan data SCOPUS dan WOS. Pencarian data melalui kata kunci “*augmented reality*”, “*teaching mathematics*”, “*learning mathematics*” dalam Bahasa Inggeris bagi tujuan dapatkan data. Dapatan artikel menunjukkan terdapat sebanyak 876 buah artikel yang dicapai pada peringkat ini.

Penapisan artikel telah dibuat dalam peringkat ini. Saringan dibuat berdasarkan kriteria-kriteria seperti buku, ulasan buku, majalah, tinjauan pendek, komunikasi pendek, surat-menyurat, surat berita, perbincangan, ulasan produk, editorial, nota penerbit dikecualikan. Hanya artikel yang diterbitkan daripada tahun 2018 hingga 2022 dipilih bagi memastikan data-data yang dikumpul merupakan data yang sahih dan relevan pada masa kini.

Peringkat ketiga merupakan proses padanan. Langkah ini membantu pengkaji untuk menapis semula 52 buah artikel yang menepati bagi tinjauan ini. Baki 22 kajian tidak menepati soalan kajian tinjauan literatur sistematik ini. Akhirnya, hanya 30 buah artikel sahaja yang mempunyai potensi tinggi dipilih bagi tinjauan literatur sistematik ini. [Jadual 1](#) menunjukkan rangkuman bagi tinjauan ini.

Jadual 1 : Gambaran keseluruhan kajian

No.	Penulis / Tahun	Tajuk Kajian
1	Gecu-Parmaksiz & Delialioğlu (2019)	<i>Augmented reality-based virtual manipulatives versus physical manipulatives for teaching geometric shapes to preschool children</i>
2	Chen (2019)	<i>Effect of Mobile Augmented Reality on Learning Performance, Motivation, and Math Anxiety in a Math Course</i>
3	Demitriadou et al. (2020)	<i>Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education</i>
4	Cai et al. (2020)	<i>Probability learning in mathematics using augmented reality: impact on student's learning gains and attitudes</i>
5	Shaghaghian et al. (2019)	<i>Learning Geometric Transformations for Parametric Design: An Augmented Reality (AR)-Powered Approach</i>
6	Hanid et al. (2022)	<i>The Elements of Computational Thinking in Learning Geometry by Using Augmented Reality Application</i>
7	Ahmad & Junaini (2022)	<i>PrismAR: A Mobile Augmented Reality Mathematics Card Game for Learning Prism</i>
8	Gargrish et al. (2021)	<i>Measuring effectiveness of augmented reality-based geometry learning assistant on memory retention abilities of the students in 3D geometry</i>
9	Sarkar & Pillai (2021)	<i>Approaches for Designing Handheld Augmented Reality Learning Experiences for Mathematics Classrooms</i>
10	Ozcakir & Cakiroglu (2021)	<i>An Augmented Reality Learning Toolkit for Fostering Spatial Ability in Mathematics Lesson: Design and Development</i>
11	Schutera et al. (2021)	<i>On the Potential of Augmented Reality for Mathematics Teaching with the Application cleARmaths</i>
12	Sholikhah & Cahyono (2021)	<i>Augmented reality student worksheets for learning mathematics during the COVID-19 pandemic</i>
13	Del Cerro Velázquez & Méndez (2021)	<i>Application in Augmented Reality for Learning Mathematical Functions: A Study for the Development of Spatial Intelligence in Secondary Education Students</i>
14	Elsayed & Al-Najrani (2021)	<i>Effectiveness of the Augmented Reality on Improving the Visual Thinking in Mathematics and Academic Motivation for Middle School Students</i>

15	Abdul Raheem (2021)	<i>The Effect of Augmented Reality in Improving Visual Thinking in Mathematics of 10th-Grade Students in Jordan</i>
16	Paulo et al. (2021)	<i>The constitution of mathematical knowledge with augmented reality</i>
17	Song et al. (2020)	<i>Design and development of learning mathematics game for primary school using handheld augmented reality</i>
18	Anggraini et al. (2020)	<i>How to improve critical thinking skills and spatial reasoning with augmented reality in mathematics learning?</i>
19	Mailizar et al. (2020)	<i>Designing augmented reality-based teaching resource of three dimensional geometry</i>
20	Lainufar et al. (2020)	<i>A need analysis for the development of augmented reality based geometry teaching instruments in junior high schools</i>
21	Rashevskva et al. (2020)	<i>Using augmented reality tools in the teaching of two dimensional plane geometry</i>
22	Capone & Lepore (2020)	<i>Augmented Reality to Increase Interaction and Participation: A Case Study of Undergraduate Students in Mathematics Class</i>
23	Kramarenko & Zaslavskiy (2020)	<i>Prospects of using the augmented reality application in STEM-based Mathematics teaching</i>
24	Cai et al. (2019)	<i>Tablet-based AR technology: Impacts on students' conceptions and approaches to learning mathematics according to their self-efficacy</i>
25	Hsieh & Chen (2019)	<i>Intelligence Augmented Reality Tutoring System for Mathematics Teaching and Learning</i>
26	Hafizul (2019)	<i>The Effectiveness of Teaching Aid for a Mathematics Subject Via Mobile Augmented Reality (MAR) for Standard Six Students</i>
27	Andrea et al. (2019)	<i>"Magic Boosted" an elementary school geometry textbook with marker-based augmented reality</i>
28	Kellems et al. (2019)	<i>Using an Augmented Reality-Based Teaching Strategy to Teach Mathematics to Secondary Students With Disabilities</i>
29	Aldalalah et al. (2019)	<i>Effect of Augmented Reality and Simulation on the Achievement of Mathematics and Visual Thinking Among Students</i>
30	Lainufar et al. (2021)	<i>Exploring the potential use of GeoGebra augmented reality in a project-based learning environment: The case of geometry</i>

3. Hasil Kajian

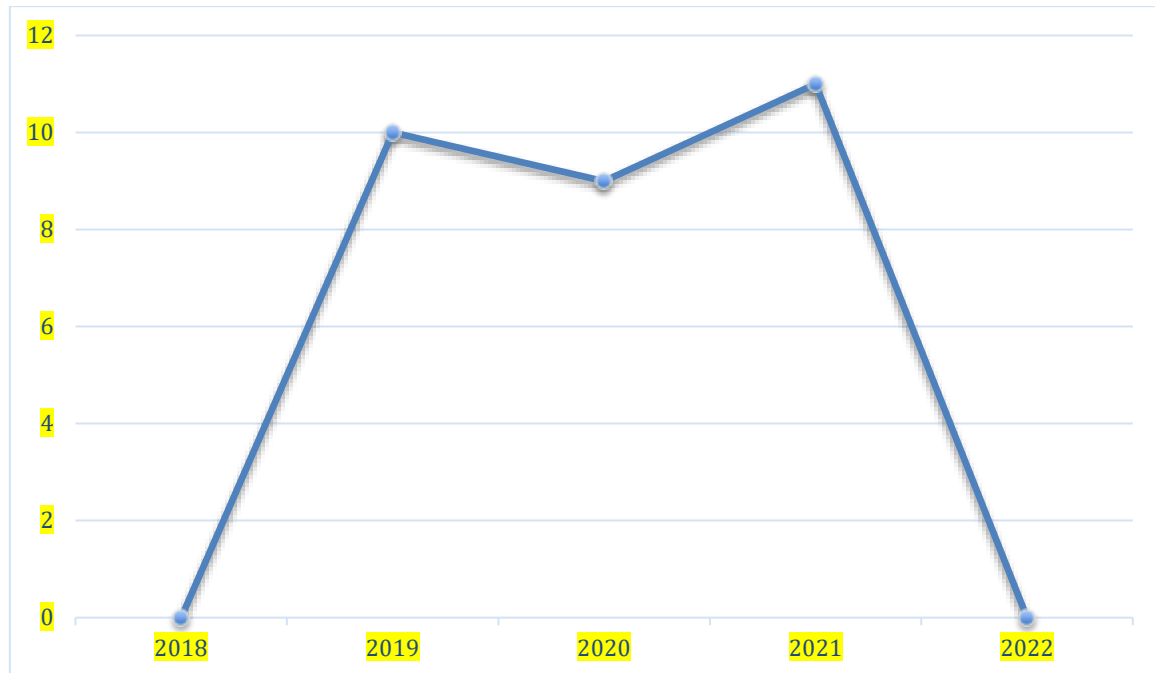
3.1. Pengumpulan Data

Data-data telah diekstrak daripada artikel yang disertakan berdasarkan kriteria di bawah.

- a) Tahun penerbitan dan negara asal penyelidik.
- b) Sumbangan utama (pelaksanaan AR, pembangunan dan keberkesanan).
- c) Pendekatan penyelidikan untuk mengkaji AR dalam pembelajaran matematik.
- d) Kaedah untuk menilai keberkesanan AR sebagai alat pembelajaran matematik.
- e) Topik utama dalam matematik yang melaksanakan AR untuk pembelajaran.

Rajah 2 menunjukkan arah aliran penerbitan yang disertakan dalam ulasan ini sejak tahun 2018. Peningkatan ketara dalam bilangan artikel boleh dilihat dari 2018 hingga 2021.

Rajah 2: Nombor artikel berdasarkan tahun



Dalam [Rajah 2](#), graf menunjukkan penerbitan artikel daripada tahun 2018 hingga 2022. Pada tahun 2018 dan 2022 tiada artikel yang berkaitan dengan AR dalam pengajaran dan pembelajaran matematik diterbitkan. Namun, peningkatan ketara boleh dilihat daripada tahun 2018 ke 2019 dan penurunan daripada tahun 2019 ke 2020. Pada tahun 2020, hanya 9 artikel yang berkaitan dengan AR dalam pengajaran dan pembelajaran matematik sahaja telah diterbitkan. Walaubagaimanapun, peningkatan dapat melihat semula daripada tahun 2020 ke 2021 iaitu sebanyak 11 artikel telah diterbitkan pada tahun 2021. [Jadual 2](#) menunjukkan senarai artikel yang dikategorikan mengikut negara asal penyelidik.

Jadual 2 : Senarai artikel yang mengikut negara

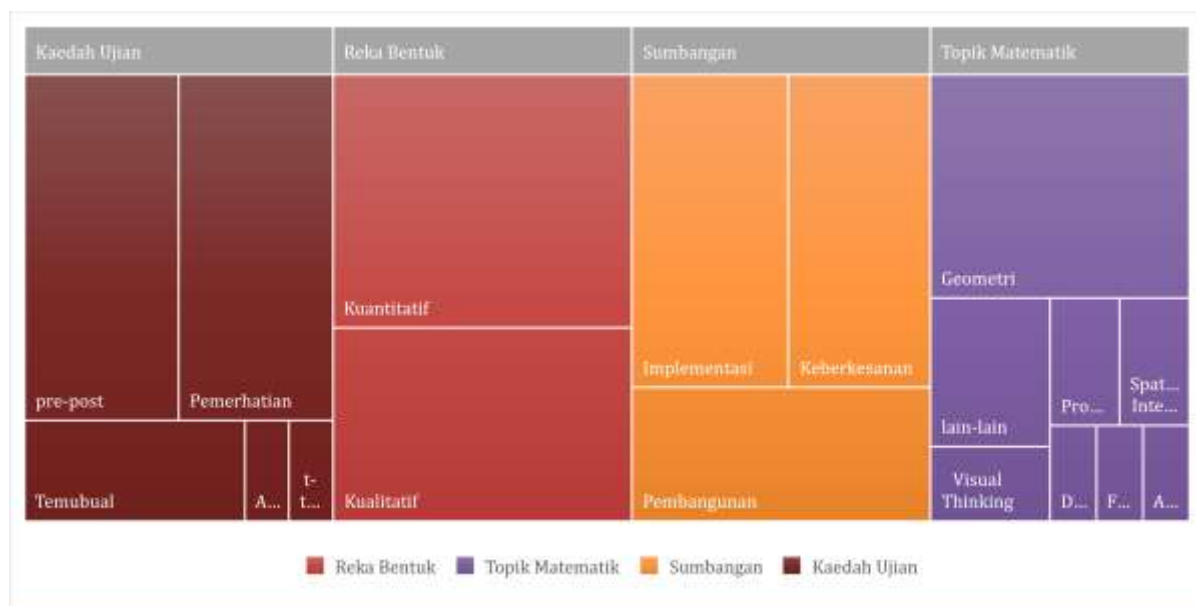
Negara	Bilangan	Kajian
Indonesia	6	Sholikhah & Cahyono (2021), Anggraini et al. (2020), Mailizar et al. (2020), Lainufar et al. (2020), Andrea et al. (2019), Lainufar et al. (2021)
China	4	Chen (2019), Cai et al. (2020), Cai et al. (2019), Hsieh & Chen (2019)
Malaysia	4	Hanid et al. (2022), Ahmad & Junaini (2022), Song et al. (2020), Hafizul (2019)
Turkey	2	Gecu-Parmaksiz & Delialioglu (2019) Ozcakir & Cakiroglu (2021)
USA	2	Shaghaghian et al. (2019) Kellems et al. (2019)
India	2	Gargrish et al. (2021) Sarkar & Pillai (2021)
Saudi Arabia	2	Elsayed & Al-Najrani (2021) Aldalalah et al. (2019)
Ukraine	2	Rashevskaya et al. (2020) Kramarenko & Zaselskiy (2020)
Cyprus	1	Demitriadou et al. (2020)

Germany	1	Schutera et al. (2021)
Spain	1	Del Cerro Velázquez & Méndez (2021)
Jordan	1	Abdul Raheem (2021)
Brazil	1	Paulo et al. (2021)
Italy	1	Capone & Lepore (2020)

Jadual 2 menunjukkan artikel yang diterbitkan oleh 14 negara. Indonesia, China dan Malaysia menghasilkan bilangan artikel tertinggi (n=3). Sementara itu, Turki, USA, India, Saudi Arabia dan Ukraine menerbitkan dua artikel. Baki enam negara hanya menerbitkan satu artikel masing-masing.

Rajah 3 menggambarkan corak dan trend dalam kajian yang berkaitan dengan AR untuk pembelajaran matematik mengikut warna daripada tahun 2018–2022 berdasarkan empat tema: sumbangan utama (pelaksanaan AR, pembangunan dan keberkesanan), pendekatan penyelidikan untuk mengkaji AR dalam pembelajaran matematik (pre-test, post test, soal selidik, temubual, pemerhatian), kaedah untuk menilai keberkesanan AR (kuantitatif, kualitatif) dan topik utama dalam matematik yang melaksanakan AR untuk pembelajaran.

Rajah 3: Tema yang dianalisis



3.2. Pelaksanaan, pembangunan dan keberkesanan AR

Tiga perkara utama telah dikenal pasti sebagai fokus artikel sumbangan AR kepada pengajaran dan pembelajaran matematik: (i) pelaksanaan AR dalam pendidikan matematik; (ii) pembangunan aplikasi matematik, dan (iii) keberkesanan AR untuk pembelajaran matematik. Kategori pertama, pelaksanaan AR dalam pendidikan matematik iaitu pelaksanaan telah dibincangkan dalam sebanyak 10 artikel. Kategori kedua penemuan utama AR adalah dalam pembangunan aplikasi matematik. Sembilan artikel membincangkan pembangunan aplikasi matematik. Kategori ketiga penemuan utama AR adalah mengkaji keberkesanannya (n = 10). Jadual 3 menerangkan pelaksanaan, pembangunan dan kajian tentang keberkesanan AR untuk pembelajaran matematik.

Jadual 3 : Pelaksanaan, pembangunan dan keberkesanan AR

Sumbangan	Kajian	Bilangan
Keberkesanan	Gecu-Parmaksiz & Delialioglu (2019), Chen (2019), Demitriadou et al. (2020), Ahmad & Junaini (2022), Gargrish et al. (2021), Elsayed & Al-Najrani (2021), Abdul Raheem (2021), Cai et al. (2019), Hafizul (2019), Lainufar et al. (2021)	10
Pelaksanaan	Cai et al. (2020), Hanid et al. (2022), Del Cerro Velázquez & Méndez (2021), Paulo et al. (2021), Anggraini et al. (2020), Rashevskaya et al. (2020), Capone & Lepore (2020), Kramarenko & Zaslavskiy (2020), Andrea et al. (2019), Kellems et al. (2019), Lainufar et al. (2021)	11
Pembangunan	Shaghaghian et al. (2019), Sarkar & Pillai (2021), Ozcakir & Cakiroglu (2021), Schutera et al. (2021), Sholikhah & Cahyono (2021), Song et al. (2020), Mailizar et al. (2020), Lainufar et al. (2020), Hsieh & Chen (2019)	9

3.3. Pendekatan penyelidikan

Antara artikel yang disertakan dalam kajian ini, hanya 13 artikel yang menggunakan reka bentuk kualitatif. Manakala, 17 artikel telah menggunakan reka bentuk kuantitatif. [Jadual 4](#) meringkaskan pendekatan kajian yang digunakan dalam 30 artikel.

Jadual 4 Pendekatan kajian

Penulis / Tahun	Pendekatan	
	Kuantitatif	Kualitatif
Gecu-Parmaksiz & Delialioglu (2019)	/	
Chen (2019)	/	
Demitriadou et al. (2020)	/	
Cai et al. (2020)	/	
Shaghaghian et al. (2019)		/
Hanid et al. (2022)		/
Ahmad & Junaini (2022)	/	
Gargrish et al. (2021)	/	
Sarkar & Pillai (2021)		/
Ozcakir & Cakiroglu (2021)		/
Schutera et al. (2021)		/
Sholikhah & Cahyono (2021)		/
Del Cerro Velázquez & Méndez (2021)	/	
Elsayed & Al-Najrani (2021)	/	
Abdul Raheem (2021)	/	
Paulo et al. (2021)		/
Song et al. (2020)	/	
Anggraini et al. (2020)		/
Mailizar et al. (2020)	/	
Lainufar et al. (2020)	/	
Rashevskaya et al. (2020)		/
Capone & Lepore (2020)		/
Kramarenko & Zaslavskiy (2020)		/

Cai et al. (2019)	/	
Hsieh & Chen (2019)	/	
Hafizul (2019)	/	
Andrea et al. (2019)	/	
Kellems et al. (2019)		/
Aldalalah et al. (2019)	/	
Lainufar et al. (2021)		/

3.4. Kaedah ujian keberkesanan AR

Tujuh kaedah telah digunakan dalam artikel yang telah disertakan dalam tinjauan ini. Kaedah yang paling popular digunakan ialah kaedah eksperimental dengan menggunakan ujian pra dan ujian pasca ($n=12$) dan pemerhatian ($n=12$). Kaedah Kedua ialah kaedah temubual ($n=5$). Empat lagi kajian telah menggunakan kaedah ANCOVA, kolmogorov-smirnov, t-test dan soal selidik. Kajian oleh Cai et al. (2020) bertujuan untuk mengkaji bagaimana aplikasi pembelajaran berasaskan AR mudah alih mempengaruhi pembelajaran pelajar melalui ANCOVA. Kajian oleh Andrea et al. (2019), terbukti daripada ujian analisis data terhadap peningkatan pembelajaran pelajar menggunakan ujian kolmogorov-smirnov. Dua lagi kajian menggunakan t-test Del Cerro Velázquez & Méndez (2021) dan soal selidik Rashevskaya et al. (2020) digunakan bersama pemerhatian dan temubual. Jadual 5 menunjukkan kaedah ujian yang digunakan untuk menguji AR dalam matematik.

Jadual 5: Kaedah ujian

Kaedah ujian	Sasaran	Kajian	Bilangan
Ujian Pra & Ujian Pasca	Awal Persekolahan	Gecu-Parmaksiz & Delialioglu (2019)	12
	Sekolah Rendah	Chen (2019)	
	Sekolah Rendah	Demitriadou et al. (2020)	
	Sekolah Rendah	Ahmad & Junaini (2022)	
	Sekolah Rendah	Elsayed & Al-Najrani (2021)	
	Sekolah Rendah	Song et al. (2020)	
	Sekolah Rendah	Hafizul (2019)	
	Sekolah Menengah	Abdul Raheem (2021)	
	Sekolah Menengah	Cai et al. (2019)	
	Sekolah Menengah	Hsieh & Chen (2019)	
	Sekolah Menengah	Aldalalah et al. (2019)	
	Politeknik	Hanid et al. (2022)	
Pemerhatian	Sekolah Rendah	Gargrish et al. (2021)	12
	Sekolah Rendah	Sholikhah & Cahyono (2021)	
	Sekolah Rendah	Rashevskaya et al. (2020)	
	Sekolah Menengah	Ozcakir & Cakiroglu (2021)	
	Sekolah Menengah	Paulo et al. (2021)	
	Sekolah Menengah	Anggraini et al. (2020)	
	Sekolah Menengah	Schutera et al. (2021)	
	Sekolah Menengah	Aldalalah et al. (2019)	
Temubual	Universiti	Shaghaghian et al. (2019)	12
	Universiti	Capone & Lepore (2020)	
	Universiti	Lainufar et al. (2021)	
	Guru	Sarkar & Pillai (2021)	
	Sekolah Rendah	Rashevskaya et al. (2020)	
	Sekolah Menengah	Mailizar et al. (2020)	

	Sekolah Menengah	Lainufar et al. (2020)	5
	Sekolah Menengah	Kramarenko & Zaselskiy (2020)	
Soal selidik	Sekolah Menengah	Hsieh & Chen (2019)	
	Sekolah Rendah	Rashevskaya et al. (2020)	1
Kolmogorov-smirnov	Sekolah Rendah	Andrea et al. (2019)	1
Ancova	Sekolah Menengah	Cai et al. (2020)	1
t-test	Sekolah Menengah	Del Cerro Velázquez & Méndez (2021)	1

3.5. Topik pembelajaran matematik menggunakan AR

Tujuh topik popular telah dipilih dalam artikel yang disertakan: Geometri, Pecahan, *Spatial*, *Visual Thinking*, Kebarangkalian, *Differentiation*, dan Aritmatik. Tiga belas artikel tertumpu kepada geometri. Manakala, empat artikel tertumpu kepada topik matematik yang lain-lain. [Jadual 6](#) menunjukkan senarai topik matematik yang dipilih oleh artikel yang disemak.

Jadual 6: Senarai topik matematik

Topik	Kajian	Bilangan
Geometri	Gecu-Parmaksiz & Delialioğlu (2019), Chen (2019), Demitriadou et al. (2020), Shaghaghian et al. (2019), Hanid et al. (2022), Ahmad & Junaini (2022), Gargrish et al. (2021), Sholikhah & Cahyono (2021), Lainufar et al. (2020), Rashevskaya et al. (2020), Capone & Lepore (2020), Kramarenko & Zaselskiy (2020), Andrea et al. (2019)	13
Lain-lain	Ozcakir & Cakiroglu (2021), Kellems et al. (2019), Aldalalah et al. (2019), Lainufar et al. (2021)	4
Spatial	Schutera et al. (2021), Anggraini et al. (2020)	2
Visual Thinking	Elsayed & Al-Najrani (2021), Abdul Raheem (2021)	2
Kebarangkalian	Cai et al. (2020), Mailizar et al. (2020)	2
Differentiation	Paulo et al. (2021)	1
Aritmatik	Hsieh & Chen (2019)	1
Pecahan	Song et al. (2020)	1

4. Perbincangan Kajian

Pada abad ke-21 ini, guru perlu mengetahui bukan sahaja cara menggunakan teknologi tetapi bila dan mengapa menggunakannya. Untuk menjadikan hasil integrasi teknologi menjadi berkesan, ia memerlukan berterusan kerjasama antara guru, pentadbir, dan ibu bapa untuk mendorong pembelajaran pelajar. Ia amat penting untuk menerapkan teknologi augmented reality dalam pendidikan matematik dalam era terkini. Semakan ini membantu untuk memahami analisis yang sistematik dan komprehensif ke atas lima tahun terakhir penyelidikan dalam AR untuk pembelajaran matematik. Pada masa yang sama, ia menyediakan analisis terkini yang mendedahkan keperluan pendidikan dan teknologi untuk kajian yang lebih mendalam akan dijalankan pada masa hadapan. Skop

kajian ini dihadkan (lihat sub-bahagian pengumpulan data), empat tema yang ditemui: sumbangan utama (pelaksanaan AR, pembangunan dan keberkesanan), pendekatan penyelidikan untuk mengkaji AR dalam pembelajaran matematik (kuantitatif, kualitatif), kaedah untuk menilai keberkesanan AR (pre-test, post test, soal selidik, temubual, pemerhatian) dan topik utama dalam matematik yang melaksanakan AR untuk pembelajaran. Ternyata AR sangat membantu dalam memudahkan proses pembelajaran matematik. Pembelajaran matematik berasaskan AR dapat membantu untuk menggambarkan kandungan AR dengan lebih baik. Kajian ini memberi penjelasan berkaitan gambaran keseluruhan kaedah yang sering digunakan dalam isu AR.

Analisis daripada tahun 2018-2022 sejumlah 30 kajian telah menerapkan pendekatan augmented reality dalam pendidikan matematik. Dalam hal ini, peningkatan jumlah artikel yang diterbitkan sejak beberapa tahun 2018-2022 menunjukkan bahawa kajian terhadap *augmented reality* telah meningkat pada tahun 2018 dan menurun pada tahun 2022. Selain itu, penemuan menunjukkan bahawa kebanyakan kajian dilakukan di seluruh benua Asia. Majoriti kajian dilakukan di Indonesia diikuti oleh China. Negara-negara lain sangat kurang menjalankan penyelidikan untuk *Augmented Reality* dalam pengajaran dan pembelajaran matematik. Dari segi kaedah ujian yang digunakan, kaedah ujian yang paling banyak yang telah dilakukan adalah ujian pra dan pasca. Menurut [Rabail Alam \(2019\)](#), ujian pra dan pasca adalah alat penilaian penting yang membantu dalam penilaian kursus atau kuliah secara langsung dan berkesan untuk meningkatkan pembelajaran pelajar. Idea model penilaian pra dan pasca adalah bagi mengukur pengetahuan asas peserta pada permulaan kuliah dan bandingkan dengan pengetahuan yang diperoleh selepas kursus. Daripada perbandingan skor ujian pra dan pasca peserta, ia membantu untuk melihat sama ada aktiviti itu berjaya meningkatkan pengetahuan peserta mengenai pengajaran kandungan. Seterusnya, topik matematik paling popular yang dipilih bagi pengajaran dan pembelajaran AR sepanjang lima tahun yang lepas ialah topik geometri. [Nazar et al. \(2020\)](#) telah menjelaskan bahawa konsep abstrak dapat digambarkan dengan lebih realistik dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality*. Menurut [Abdul Hanid et al. \(2022\)](#), kajian menunjukkan bahawa geometri topik yang diajar menggunakan teknologi berasaskan *Augmented Reality* menghasilkan pencapaian pelajar yang lebih tinggi daripada kaedah konvensional menggunakan buku teks. Pendapat ini disokong dalam kajian oleh [Mohd Fadzil dan Mohd Nihra \(2019\)](#), di mana pentingnya pembelajaran konvensional diubah menjadi teknologi aplikasi peranti pintar untuk meningkatkan kualiti pembelajaran. Oleh sebab itu, teknologi Augmented Reality telah menjadi penting dan bermanfaat bagi pelajar memahami konsep abstrak.

Hasil kajian ini juga menunjukkan bahawa kajian majoriti dilakukan secara kuantitatif daripada secara kualitatif. Menurut [Gaille \(2018\)](#), penyelidikan kuantitatif dianggap sebagai penyelidikan terancang mengenai fenomena melalui pengumpulan data berangka dan pelaksanaan teknik statistik, matematik atau komputasi. Penyelidikan kuantitatif memberi tumpuan kepada pengumpulan data berangka dan generalisasikannya di seluruh kumpulan atau bagi menjelaskan fenomena tertentu. Kajian ini juga dihadkan oleh istilah carian yang digunakan. Hanya artikel yang diterbitkan dalam Scopus dan WOS telah dianalisis. Ia adalah bagi mencari artikel penyelidikan yang berkaitan dengan pendidikan Kedua, hanya artikel jurnal yang diterbitkan dari 2018 hingga 2022 disertakan dalam tinjauan.

Menguasai penggunaan *Augmented Reality* akan membantu guru dan murid memberikan panduan yang berkesan menggunakan yang ada alat teknikal. Diharapkan juga agar kajian masa depan mengenai bidang ini dapat ditambahkan lagi konteks pendidikan matematik. Walau bagaimanapun, jumlah kajian *Augmented Reality* dalam pendididkan matematik yang difokuskan di Malaysia agak kurang. Oleh itu, hasil kajian ini diharapkan dapat

memberikan pemahaman yang mendalam sehingga kajian sedemikian dapat dilaksanakan dalam konteks pendidikan matematik di Malaysia.

5. Kesimpulan

Secara keseluruhannya, sumbangan utama kajian literatur sistematik ini ialah AR untuk pengajaran dan pembelajaran matematik yang mempunyai trend. Empat tema difokuskan dalam tinjauan ini. Tambahan pula, kajian ini memberi pandangan baharu pelaksanaan AR untuk pendidikan matematik. Semakan sistematik ini mengisi jurang kajian dalam memahami *pattern* dan trend AR dalam penyelidikan dan pembangunan dalam pembelajaran matematik. Lebih-lebih lagi, tinjauan ini mensintesis tentang pembelajaran matematik melalui AR boleh memberi manfaat kepada penyelidik dan pendidik. Maka, tinjauan ini mencadangkan beberapa cadangan bagi penyelidikan masa depan.

- i. Apakah kemajuan semasa revolusi industri 4.0 yang boleh dikaitkan dengan pendidikan AR dan pembelajaran matematik?
- ii. Apakah faktor yang menyumbang ke arah kepuasan pelajar menggunakan AR dalam pendidikan matematik?
- iii. Adakah pendidikan AR dapat meningkatkan sikap sendiri dan komitmen pelajar terhadap pembelajaran matematik?

Penghargaan (*Acknowledgement*)

Ribuan terima kasih diucapkan kepada Fakulti Pendidikan Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM), pensyarah penyelia, ahli keluarga serta rakan-rakan yang telah memberikan sokongan dan bimbingan dalam menjayakan kajian ini.

Kewangan (*Funding*)

Kajian ini tidak menerima sebarang tajaan atau bantuan kewangan dari mana-mana pihak.

Konflik Kepentingan (*Conflict of Interest*)

Penulis melaporkan tiada sebarang konflik kepentingan berkenaan penyelidikan, pengarang atau penerbitan kajian ini.

Rujukan

- Abdul Hanid, M. F., Mohamad Said, M. N. H., Yahaya, N., & Abdullah, Z. (2022). Effects of augmented reality application integration with computational thinking in geometry topics. *Education and Information Technologies*. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10994-w>
- Abdul Raheem, F. (2021). The Effect of Augmented Reality in Improving Visual Thinking in Mathematics of 10th-Grade Students in Jordan. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(5), 2021. <http://dx.doi.org/10.14569/IJACSA.2021.0120543>
- Ahmad, N. I. N., & Junaini, S. N. (2022). PrismAR: A Mobile Augmented Reality Mathematics Card Game for Learning Prism. *International Journal of Computing and Digital Systems*, 11(1), 217–225. <https://doi.org/10.12785/ijcds/110118>

- Aldalalah, O. M., Ababneh, Z., Bawaneh, A., & Alzubi, W. (2019). Effect of Augmented Reality and Simulation on the Achievement of Mathematics and Visual Thinking Among Students. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 14(18), 164. <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i18.10748>
- Andrea, R., Lailiyah, S., Agus, F., & Ramadiani. (2019). "Magic Boosed" an elementary school geometry textbook with marker-based augmented reality. *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 17(3), 1242–1249. <https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v17i3.11559>
- Anggraini, S., Setyaningrum, W., Retnawati, H., & Marsigit. (2020). How to improve critical thinking skills and spatial reasoning with augmented reality in mathematics learning? *Journal of Physics: Conference Series*, 1581(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1581/1/012066>
- Azuma, R. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6, 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Cai, S., Liu, E., Shen, Y., Liu, C., Li, S., & Shen, Y. (2020). Probability learning in mathematics using augmented reality: impact on student's learning gains and attitudes. *Interactive Learning Environments*, 28(5), 560–573. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1696839>
- Cai, S., Liu, E., Yang, Y., & Liang, J. C. (2019). Tablet-based AR technology: Impacts on students' conceptions and approaches to learning mathematics according to their self-efficacy. *British Journal of Educational Technology*, 50(1), 248–263. <https://doi.org/10.1111/bjet.12718>
- Capone, R., & Lepore, M. (2020). Augmented Reality to Increase Interaction and Participation: A Case Study of Undergraduate Students in Mathematics Class. In *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 7(2), 185–204. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58468-9>
- Chen, Y. C. (2019). Effect of Mobile Augmented Reality on Learning Performance, Motivation, and Math Anxiety in a Math Course. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7), 1695–1722. <https://doi.org/10.1177/0735633119854036>
- Del Cerro Velázquez, F., & Méndez, G. M. (2021). Application in augmented reality for learning mathematical functions: A study for the development of spatial intelligence in secondary education students. *Mathematics*, 9(4), 1–19. <https://doi.org/10.3390/math9040369>
- Demitriadou, E., Stavroulia, K. E., & Lanitis, A. (2020). Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education. *Education and Information Technologies*, 25(1), 381–401. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>
- Elsayed, S. A., & Al-Najrani, H. I. (2021). Effectiveness of the Augmented Reality on Improving the Visual Thinking in Mathematics and Academic Motivation for Middle School Students. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(8), 1–16. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09973-5>
- Gaille, B. (2018). 12 Case Study Method Advantages and Disadvantages. *Brandon Gaille*. <https://brandongaille.com/12-case-study-method-advantages-and-disadvantages/>
- Gargrish, S., Kaur, D. P., Mantri, A., Singh, G., & Sharma, B. (2021). Measuring effectiveness of augmented reality-based geometry learning assistant on memory retention abilities of the students in 3D geometry. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(6), 1811–1824. <https://doi.org/10.1002/cae.22424>
- Gecu-Parmaksiz, Z., & Delialioğlu, O. (2019). Augmented reality-based virtual manipulatives versus physical manipulatives for teaching geometric shapes to

- preschool children. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 3376–3390. <https://doi.org/10.1002/cae.22424>
- Hafizul, H. F., Zainuddin N. A., Mohd Faizal Nizam Lee Abdullah, M. F. N., Ibrahim, M. H. (2019). The Effectiveness of Teaching Aid for a Mathematics Subject Via Mobile Augmented Reality (MAR) for Standard Six Students. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 6S2(7), 2277-3878.
- Hanid, M. F. A., Mohamad Said, M. N. H., Yahaya, N., & Abdullah, Z. (2022). The Elements of Computational Thinking in Learning Geometry by Using Augmented Reality Application. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(2), 28–41. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i02.27295>
- Hsieh, M. C., & Chen, S. H. (2019). Intelligence augmented reality tutoring system for mathematics teaching and learning. *Journal of Internet Technology*, 20(5), 1673–1681. <https://doi.org/10.3966/160792642019092005031>
- Huang, H. M., & Liaw, S. S. (2018). An analysis of learners' intentions toward virtual reality learning based on constructivist and technology acceptance approaches. *International Review of Research in Open and Distance Learning*, 19(1), 91–115. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i1.2503>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers and Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Kellems, R. O., Cacciatore, G., & Osborne, K. (2019). Using an Augmented Reality–Based Teaching Strategy to Teach Mathematics to Secondary Students With Disabilities. *Career Development and Transition for Exceptional Individuals*, 42(4), 253–258. <https://doi.org/10.1177/2165143418822800>
- Kramarenko, T.H., Pylypenko, O.S., & Zaselskiy, V.I. (2019). Prospects of using the augmented reality application in STEM-based Mathematics teaching. *International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2547, 130-144
- Lainufar, Mailizar, M., & Johar, R. (2021). Exploring the potential use of GeoGebra augmented reality in a project-based learning environment: The case of geometry. *Journal of Physics: Conference Series*, 1882(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1882/1/012045>
- Lainufar, Mailizar, & Johar, R. (2020). A need analysis for the development of augmented reality based-geometry teaching instruments in junior high schools. *Journal of Physics: Conference Series*, 1460(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1460/1/012034>
- Mailizar, Johar, R., & Lainufar. (2020). Designing augmented reality-based teaching resource of three dimensional geometry. *Journal of Physics: Conference Series*, 1470(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1470/1/012061>
- Mohd Fadzil, A. H., & Mohd Nihra Haruzuan, M. S. (2019). Mobile Application for G-Suite Based on Multimedia Learning Cognitive Theory. *Innovative Teaching and Learning Journal*, 3(1), 55–60.
- Nazar, M. et al. (2020). Development of Augmented Reality application for learning the concept of molecular geometry. *Journal of Physics: Conference Series*, 1460(1), 012083. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1460/1/012083>
- Ozcakir, B., & Cakiroglu, E. (2021). An augmented reality learning toolkit for fostering spatial ability in mathematics lesson: *Design and development*. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 9(4), 145–167. <https://doi.org/10.30935/SCIMATH/11204>
- Paulo, R. M., Pereira, A. L., & Pavanelo, E. (2021). The constitution of mathematical knowledge with augmented reality. *Mathematics Enthusiast*, 18(3), 641–668. <https://doi.org/10.54870/1551-3440.1539>

- Rabail Alam, T. G. M. (2019). Comparative Analysis Between Pre-test/Post-test Model and Post-test-only Model in Achieving the Learning Outcomes. *Pakistan Journal of Ophthalmology*, 35(1). <https://doi.org/10.36351/pjo.v35i1.855>
- Rashevskaya, N.V., Semerikov, S., Zinonos, N.O., Tkachuk, V.V., & Shyshkina, M.P. (2020). Using augmented reality tools in the teaching of two-dimensional plane geometry. *International Workshop on Augmented Reality in Education*, 2731, 79-90.
- Sarkar, P., & Pillai, J. S. (2021). Approaches for Designing Handheld Augmented Reality Learning Experiences for Mathematics Classrooms. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 5(CSCW2). <https://doi.org/10.1145/3479605>
- Schutera, S., Schnierle, M., Wu, M., Pertz, T., Seybold, J., Bauer, P., & 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. (2021). Learning Geometric Transformations for Parametric Design: An Augmented Reality (AR)-Powered Approach. *ArXiv*, [abs/2109.10899](https://arxiv.org/abs/2109.10899).
- Sholikhah, B. U., & Cahyono, A. N. (2021). Augmented reality student worksheets for learning mathematics during the COVID-19 pandemic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1918(4). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/4/042063>
- Shubham, Charan, P., & Murty, L. S. (2018). Organizational adoption of sustainable manufacturing practices in India: integrating institutional theory and corporate environmental responsibility. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 25(1), 23–34. <https://doi.org/10.1080/13504509.2016.1258373>
- Shuhui, L., Shen, Y., Jiao, X., & Cai, S. (2022). Using Augmented Reality to Enhance Students' Representational Fluency: The Case of Linear Functions†. *Mathematics*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/math10101718>
- Song, E., Suaib, N. M., Sihes, A. J., Alwee, R., & Yunus, Z. M. (2020). Design and development of learning mathematics game for primary school using handheld augmented reality. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 979(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/979/1/012014>
- Warburton, W. (2009). Second Life in higher education: Assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching. *British Journal of Educational Technology*, 40, 414-426. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00952.x>