



## AKSIOMA: JURNAL PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO

P-ISSN : 20898703 -> E-ISSN : 24425419 Subject Area : Education

3.12644  
Impact

11217  
Google Citations

Sinta 2  
Current Accreditation

Google Scholar Garuda Website Editor URL

### History Accreditation



### Garuda Google Scholar

#### DEVELOPMENT OF **AVATARA** LEARNING MEDIA USING SMART APPS CREATOR (SAC) TO IMPROVE STUDENT ABSTRACTION ABILITY

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika Vol 13, No 1 (2024) 14-24

2024 DOI: 10.24127/ajpm.v13i1.8259 Accredited: Sinta 2

#### PEMBUDAYAAN REPRESENTASI MATEMATIS DALAM PERSIAPAN ASESMEN KOMPETENSI MINIMUM (AKM) SEKOLAH DASAR

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika Vol 13, No 1 (2024) 232-242

2024 DOI: 10.24127/ajpm.v13i1.7090 Accredited: Sinta 2

#### PENGEMBANGAN MEDIA WHITEBOARD ANIMATION BERBASIS PENDEKATAN SAINTIFIK UNTUK MEMFASILITASI PENINGKATAN KEMANDIRIAN BELAJAR

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika Vol 13, No 1 (2024) 353-363

2024 DOI: 10.24127/ajpm.v13i1.8555 Accredited: Sinta 2

#### ANALISIS KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS MATEMATIS DAN KREATIF MATEMATIS DALAM PEMECAHAN MASALAH PADA SISWA INTROVERT

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika Vol 13, No 1 (2024) 176-185

2024 DOI: 10.24127/ajpm.v13i1.8151 Accredited: Sinta 2

#### PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN DARING DENGAN PENDEKATAN PENDIDIKAN MATEMATIKA REALISTIK UNTUK MEMFASILITASI KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika Vol 13, No 1 (2024) 281-292

2024 DOI: 10.24127/ajpm.v13i1.8161 Accredited: Sinta 2

#### PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN BERBASIS PENDEKATAN KONTEKSTUAL UNTUK MEMFASILITASI KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika Vol 13, No 1 (2024) 105-115

2024 DOI: 10.24127/ajpm.v13i1.8114 Accredited: Sinta 2

#### ANALOGICAL REASONING PROCESS OF PROSPECTIVE TEACHERS TO PRODUCE NON-ANALOG PROBLEMS

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika Vol 13, No 1 (2024) 134-147

2024 DOI: 10.24127/ajpm.v13i1.9112 Accredited: Sinta 2

#### THE DEVELOPMENT OF LEARNING VIDEOS WITH THE PROBLEM-SOLVING APPROACH BY USING SCREENCAST O MATIC

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika Vol 13, No 1 (2024) 25-33

2024 DOI: 10.24127/ajpm.v13i1.8475 Accredited: Sinta 2

#### GAMIFIKASI BAHAN AJAR MATEMATIKA SMP: ANALISIS KEPRAKTISAN DAN EFEKTIVITAS TERHADAP KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS MATEMATIS

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika Vol 13, No 1 (2024) 198-208

2024 DOI: 10.24127/ajpm.v13i1.8170 Accredited: Sinta 2

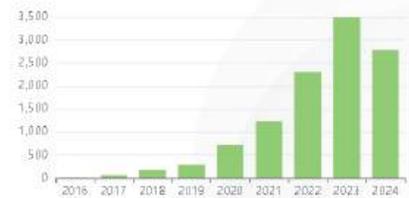
#### PENGEMBANGAN MODUL AJAR MATEMATIKA BERBASIS PROBLEM BASED LEARNING UNTUK MENINGKATKAN KEMAMPUAN PEMECAHAN MASALAH MATEMATIS SISWA KELAS VII SMP

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH METRO AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika Vol 13, No 1 (2024) 304-314

2024 DOI: 10.24127/ajpm.v13i1.8368 Accredited: Sinta 2

View more

### Citation Per Year By Google Scholar



### Journal By Google Scholar

	All	Since 2019
Citation	11217	10918
h-index	44	44
i10-index	305	299

**NOTIFICATIONS**

- ▶ View
- ▶ Subscribe

**JOURNAL CONTENT**

Search

Search Scope  
All

**Browse**

- ▶ By Issue
- ▶ By Author
- ▶ By Title
- ▶ Other Journals

**KEYWORDS**

Development Discovery Learning  
Ethnomathematics  
Etnomatematika Gender  
HOTS Kemampuan Pemecahan Masalah  
LKPD Mathematics  
Pengembangan Problem Based Learning  
Problem Solving R&D  
RME SPLDV critical thinking learning  
outcomes matematika  
mathematical literacy  
problem based learning  
problem solving

Home > Vol 13, No 2 (2024) > Umam

### APAKAH AUGMENTED REALITY DAPAT MENSTIMULUS PEMAHAMAN KONSEP DAN VISUALISASASI GEOMETRI SISWA

Khoerul Umam<sup>(1\*)</sup>, Arum Fatzyan<sup>(2)</sup>, Ishaq Nuriadin<sup>(3)</sup>, Ervin Azhar<sup>(4)</sup>, Slamet Slamet<sup>(5)</sup>,

- (1) Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA
- (2) Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA
- (3) Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA
- (4) Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA
- (5) Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA
- (\*) Corresponding Author

**Abstract**

Rendahnya kemampuan visualisasi siswa dalam materi geometri berkontribusi terhadap rendahnya pemahaman konsep matematis siswa perlu mendapatkan perhatian dari berbagai pihak. Berbagai alternatif teknologi yang saat ini seperti *augmented reality* dapat menjadi salah satu pilihan yang tepat untuk membantu visualisasi geometri. Riset ini akan memfokuskan pada peningkatan kemampuan visualisasi dan pemahaman konsep siswa pada materi geometri melalui penggunaan *augmented reality*. Desain pengembangan *augmented reality* menggunakan ADDIE. Subjek penelitian ini yaitu siswa kelas VIII yang sedang mempelajari materi kubus dan balok sebanyak 40 siswa. Instrumen penelitian ini menggunakan 5 masalah yang dapat mengukur pemahaman dan visualisasi geometri siswa. Analisis data ini akan memberikan deskripsi lengkap bagaimana tahapan pelaksanaan pengembangan dengan ADDIE melalui tahapan analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ketertarikan siswa pada *augmented reality* telah mendorong mereka untuk belajar lebih lama karena visualisasi yang menarik sehingga siswa selalu berkeinginan untuk belajar. Intensitas pembelajaran yang tinggi dari siswa telah membantu meningkatkan kemampuan pemahaman konsep geometri pada waktu yang sama. Keinginan siswa untuk belajar lebih lama, dan mengeksplorasi materi sangat berkontribusi terhadap degradasi paradigma negatif matematika yang selama ini ada.

The low visualization ability of students in geometry material contributes to the low understanding of mathematical concepts. Students need attention from various parties. Various current alternative technologies such as *augmented reality* can be the right choice to help visualize geometry. This research will focus on improving students' visualization abilities and understanding of concepts in geometry material through the use of *augmented reality*. *Augmented reality* development design using ADDIE. The subjects of this research were 40 students in class VIII who were studying cubes and blocks. This research instrument uses 5 problems that can measure students' understanding and visualization of geometry. This data analysis will provide a complete description of the stages of implementing development with ADDIE through the stages of analysis, design, development, implementation and evaluation. The results of the research can be concluded that students' interest in *augmented reality* has encouraged them to study longer because of the attractive visualization so that students always want to learn. The high learning intensity of students has helped improve the ability to understand geometric concepts at the same time. Students' desire to study longer and explore the material greatly contributes to the degradation of the negative paradigm of mathematics that currently exists.

**Keywords**

Augmented Reality, Kemampuan Visual, Masalah Geometri, Pemahaman Konsep

**Full Text:**

PDF (BAHASA INDONESIA)

**References**

Ainley, M., & Ainley, J. (2011). Student engagement with science in early adolescence: The contribution of enjoyment to students' continuing interest in learning about science. *Contemporary Educational Psychology*, 36(1), 4–12. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2010.08.001>

Alifah, Z. N., & Utami, N. S. (2022). Mengembangkan Media Pembelajaran Matematika Berbasis Videoscribe Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Kelas VIII Smp. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(4), 3399. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i4.6151>

Alim, E. S., Umam, K., & Rohim, S. (2015). Integration of reciprocal teaching-ICT model to improve students' mathematics critical thinking ability. *Workshop Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education, ICCE 2015*.

Amir, M. F., Fedlyanto, N., Rudyanto, H. E., Nur Alifah, D. S., & Tortop, H. S. (2020). Elementary students' perceptions of 3Dmetric: A cross-sectional study. *Heliyon*, 6(6), e04052. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04052>

Arzarello, F., Olivero, F., Paola, D., & Robutti, O. (2002). A cognitive analysis of dragging practises in cabri environments. *ZDM - International Journal on Mathematics Education*, 34(3), 66–72. <https://doi.org/10.1007/BF02655708>

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>

Chang, K. E., Zhang, J., Huang, Y. S., Liu, T. C., & Sung, Y. T. (2020). Applying augmented reality in physical education on motor skills learning. *Interactive Learning Environments*, 28(6), 685–697. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1636073>

Chao, W.-H., & Chang, R.-C. (2018). Using {Augmented} {Reality} to {Enhance} and {Engage} {Students} in {Learning} {Mathematics}. *Social Sciences Research Journal*, 5(12). <https://doi.org/10.14738/ssrj.512.5900>

Estapa, A., & Nadohy, L. (2015). The Effect of an Augmented Reality Enhanced Mathematics Lesson on Student Achievement and Motivation. *Journal of STEM Education*, 16(3), 40–49.

**EDITORIAL BOARD**

**REVIEWER TEAMS**

**AUTHOR GUIDELINES**

**PUBLICATION ETHICS**

**FOCUS AND SCOPE**

**JOURNAL HISTORY**

**ARTICLE PROCESSING CHARGES**

**POLICIES**

**INDEXING**

**TEMPLATE**

**CONTACT**

Accredited Rank 2 (SINTA 2)



**Recommended Tools**



**ISSN BARCODE**



**SUBMISSION**

**LOGIN**

**REGISTER**

**Visitors**  
601,374

Ferdianto, F., & Hartinah, S. (2020). Analysis of the Difficulty of Students on Visualization Ability Mathematics Based on Learning Obstacles. *International Conference on Agriculture, Social Sciences, Education, Technology and Health (ICASSETH 2019)*, 429(Icasseth 2019), 227–231. <https://doi.org/10.2991/assehrk.200402.053>

Foster, M. K. (2021). Design Thinking: A Creative Approach to Problem Solving. *Management Teaching Review*, 6(2), 123–140. <https://doi.org/10.1177/2379298119871468>

Lambert, R. (2019). Political, relational, and complexly embodied; experiencing disability in the mathematics classroom. *ZDM - Mathematics Education*, 51(2), 279–289. <https://doi.org/10.1007/s11858-019-01031-1>

Monzalve, M., & Horner, R. H. (2021). The Impact of the Contextual Fit Enhancement Protocol on Behavior Support Plan Fidelity and Student Behavior. *Behavioral Disorders*, 46(4), 267–278. <https://doi.org/10.1177/0198742920953497>

Mutia, M. (2017). Analisis Kesulitan Siswa SMP dalam Memahami Konsep Kubus Balok dan Alternatif Pemecahannya. *Beta Jurnal Tadris Matematika*, 10(1), 83. <https://doi.org/10.20414/betajtm.v10i1.107>

Nilsson, P., Håkan Sollervall, & Daniel Spikol. (2010). Mathematical learning processes supported by augmented reality. *Proceedings of the 34th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*.

Panjaitan, D. J., Ridwan, M., & Aprilla, R. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Website Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa Pada Masa Pandemi Covid-19. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(2), 1524. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i2.4875>

Pramoda Wardhani, D. A., & Oktiningrum, W. (2022). Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa Melalui Pengembangan Soal Matematika Dengan Konteks Covid-19. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 11(1), 69. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v11i1.4377>

Rahman, H. N., & Setyaningrum, W. (2022). Mathematics learning based on augmented reality: A relevant mathematics teaching content and enhanced student abilities. *Proceedings of The 4th International Seminar On Innovation in Mathematics and Mathematics Education Isimmad 2020*. <https://doi.org/10.1063/5.0108248>

Risqi, E. N., Setyaningrum, W., Andari, R. M., & Puspita Ardani, D. A. (2023). Pengembangan Mobile Learning Miles D3 Berbasis Rme Pada Materi Dimensi Tiga. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(2), 2189. <https://doi.org/10.24127/ajpm.v12i2.7088>

Stahre Wästberg, B., Eriksson, T., Karlsson, G., Sunnerstam, M., Axelsson, M., & Billger, M. (2019). Design considerations for virtual laboratories: A comparative study of two virtual laboratories for learning about gas solubility and colour appearance. *Education and Information Technologies*, 24(3), 2059–2080. <https://doi.org/10.1007/s10639-018-09857-0>

Stender, P. (2017). The use of heuristic strategies in modelling activities. *ZDM - Mathematics Education*, 50(1–2), 315–326. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0961-5>

Syahida, E., Suprakerti, & Hadiyan, A. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Menggunakan Smartphone Berbasis Android Dengan Teknologi Augmented Reality Pada Materi Sistem Koordinat Kelas VIII SMP. *Prosiding Konferensi Nasional Penelitian Matematika Dan Pembelajarannya (KNPMP)* V, 72–84.

Umam, K., Nusantara, T., Parta, I. N., Hidayanto, E., & Mulyono, H. (2019). An Application of Flipped Classroom in Mathematics Teacher Education Programme. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 13(03), 68. <https://doi.org/10.3991/ijim.v13i03.10207>

Wyk, M. M. van. (2011). The Effects of Teams-Games-Tournaments on Achievement, Retention, and Attitudes of Economics Education Students. *Journal of Social Sciences*, 26(3), 183–193. <https://doi.org/10.1080/09718923.2011.11892895>

Yang, X., König, J., & Kaiser, G. (2021). Growth of professional noticing of mathematics teachers: a comparative study of Chinese teachers noticing with different teaching experiences. *ZDM - Mathematics Education*, 53(1), 29–42. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01217-y>

Zhang, D., Han, J., Zhao, L., & Meng, D. (2018). Leveraging Prior-Knowledge for Weakly Supervised Object Detection Under a Collaborative Self-Paced Curriculum Learning Framework. *International Journal of Computer Vision*, 127(4), 363–380. <https://doi.org/10.1007/s11263-018-1112-4>

Zhang, J., Huang, Y. T., Liu, T. C., Sung, Y. T., & Chang, K. E. (2023). Augmented reality worksheets in field trip learning. *Interactive Learning Environments*, 31(1), 4–21. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1758728>

DOI: <http://dx.doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8794>

## Refbacks

- There are currently no refbacks.



View AKSIOMA Stats

OPEN JOURNAL SYSTEMS

Journal Help

USER

Username

Password

Remember me

ABOUT THE AUTHORS

*Khoerul Umam*  
Universitas Muhammadiyah Prof.  
DR. HAMKA  
Indonesia

*Arum Fatmahan*  
Universitas Muhammadiyah Prof  
DR HAMKA  
Indonesia

*Ishag Muliadin*  
Universitas Muhammadiyah Prof  
DR HAMKA

*Ervin Azhar*  
Universitas Muhammadiyah Prof  
DR HAMKA  
Indonesia

*Slamet Slamet*  
Universitas Muhammadiyah Prof  
DR HAMKA  
Indonesia

FONT SIZE



LANGUAGE

Select Language

English

# Aksioma Juni 2024

*by* Ervin Azhar

---

**Submission date:** 11-Jun-2024 03:15AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2399838189

**File name:** File\_revisi\_Turnitin.docx (227.65K)

**Word count:** 2493

**Character count:** 16831

## APAKAH AUGMENTED REALITY DAPAT MENSTIMULUS PEMAHAMAN KONSEP DAN VISUALISASI GEOMETRI SISWA

### Abstrak

Rendahnya kemampuan visualisasi siswa dalam materi geometri berkontribusi terhadap rendahnya pemahaman konsep matematis siswa perlu mendapatkan perhatian dari berbagai pihak. Berbagai alternatif teknologi yang saat ini seperti *augmented reality* dapat menjadi salah satu pilihan yang tepat untuk membantu visualisasi geometri. Riset ini akan memfokuskan pada peningkatan kemampuan visualisasi dan pemahaman konsep siswa pada materi geometri melalui penggunaan *augmented reality*. Desain pengembangan *augmented reality* menggunakan ADDIE. Subjek penelitian ini yaitu siswa kelas VIII yang sedang mempelajari materi kubus dan balok sebanyak 40 siswa. Instrumen penelitian ini menggunakan 5 masalah yang dapat mengukur pemahaman dan visualisasi geometri siswa. Analisis data ini akan memberikan deskripsi lengkap bagaimana tahapan pelaksanaan pengembangan dengan ADDIE melalui tahapan analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ketertarikan siswa pada *augmented reality* telah mendorong mereka untuk belajar lebih lama karena visualisasi yang menarik sehingga siswa selalu berkeinginan untuk belajar. Intensitas pembelajaran yang tinggi dari siswa telah membantu meningkatkan kemampuan pemahaman konsep geometri pada waktu yang sama. Keinginan siswa untuk belajar lebih lama, dan mengeksplorasi materi sangat berkontribusi terhadap degradasi paradigma negatif matematika yang selama ini ada.

**Kata Kunci :** Augmented Reality, Kemampuan Pemahaman Konsep, Visualisasi, Masalah Geometri.

The low visualization ability of students in geometry material contributes to the low understanding of mathematical concepts. Students need attention from various parties. Various current alternative technologies such as *augmented reality* can be the right choice to help visualize geometry. This research will focus on improving students' visualization abilities and understanding of concepts in geometry material through the use of *augmented reality*. Augmented reality development design using ADDIE. The subjects of this research were 40 students in class VIII who were studying cubes and blocks. This research instrument uses 5 problems that can measure students' understanding and visualization of geometry. This data analysis will provide a complete description of the stages of implementing development with ADDIE through the stages of analysis, design, development, implementation and evaluation. The results of the research can be concluded that students' interest in *augmented reality* has encouraged them to study longer because of the attractive visualization so that students always want to learn. The high learning intensity of students has helped improve the ability to understand geometric concepts at the same time. Students' desire to study longer and explore the material greatly contributes to the degradation of the negative paradigm of mathematics that currently exists.

**Key words:** Augmented Reality, Concept Understanding Ability, Geometry Problems, Visualization.



<sup>2</sup> This is an open access article under the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

### 1. PENDAHULUAN

Aktivitas interaksis siswa dengan teknologi yang sangat tinggi dapat menjadi salah satu cara untuk mendekatkan pembelajaran matematika pada kehidupan siswa melalui pengembangan pembelajaran matematika yang berbasis teknologi (Alim et al.,

2015; Umam et al., 2019). Banyaknya pilihan teknologi yang ada saat ini harus dapat memberikan berbagai alternatif solusi pembelajaran matematika sehingga dapat menyelesaikan pada permasalahan-permasalahan yang dihadapi oleh siswa. Pemilihan teknologi yang tepat sangat penting dalam tahapan pengembangan matematika.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm>

*Augmented reality* yang fokus pada visualisasi objek tiga dimensi sangat cocok pada materi geometri (Amir et al., 2020; Cai et al., 2020; Nilsson et al., 2010).

Berbagai penelitian yang sudah dilakukan dalam pengembangan *augmented reality* telah banyak digunakan pada proses pembelajaran dengan berbagai tujuan sesuai dengan permasalahan yang dihadapi oleh siswa (Rahman & Setyaningrum, 2022; Risqi et al., 2023; Syahida et al., 2020). Penelitian Rahman & Setyaningrum (2015) mengkaji penggunaan *augmented reality* pada konteks siswa sekolah dasar yang bertujuan untuk mengeksplorasi bangun datar yang ada disekeliling siswa. Siswa diminta untuk menscan berbagai benda yang ada disekitarnya dengan menggunakan handphone, lalu mengidentifikasi bentuk bangun datar itu seperti apa. Penggunaan handphone dalam konteks pembelajaran saat itu menjadi hal yang baru dan menarik sehingga siswa dapat belajar secara berkelompok. Komunikasi yang aktif terjalin antar siswa mendorong mereka untuk berinisiatif mengambil tindakan belajar lebih banyak disekitar rumah mereka sehingga pembelajaran matematika tidak hanya berhenti pada proses pembelajaran di kelas aja.

Beda halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Syahida et al (2020) mengeksplorasi penggunaan *augmented reality* pada materi sistem koordinat kartesis. Siswa belajar bagaimana dalam menentukan titik koordinasi dan menghubungkan titik – titik pada sumbu koordinat melalui bantuan *augmented reality*. Penelitian ini berhasil menghantarkan siswa untuk belajar banyak bagaimana belajar sumbu koordinat itu sangat menyenangkan. Interaksi antar siswa yang terjadi selama proses pembelajaran berdampak sangat positif bagi mental siswa dan berhasil mengikis rasa takut siswa pada matematika.

Namun, dari penelitian-penelitian yang telah ada belum ada penelitian *augmented reality* yang fokus pada materi kubus dan balok secara komprehensif. Terlebih lagi yang mengkhaskan pada kemampuan visualisasi siswa yang dapat meningkatkan pemahaman konsep geometri secara bersamaan. Padahal dengan menggunakan *augmented reality*, siswa dapat memiliki kemampuan visualisasi yang baik sehingga sangat dimungkinkan untuk siswa

memahami materi geometri menjadi lebih sederhana (Ferdianto & Hartinah, 2020; Stahre Wästberg et al., 2019). Dengan kemudahan penjelasan materi yang diajarkan pada siswa yang belajar geometri dengan *augmented reality*, kita dapat meningkatkan dua kemampuan secara bersamaan.

Fakta di lapangan menunjukkan mayoritas siswa telah menggunakan handphone dalam aktivitas kesehariannya. Namun, penggunaannya masih terbatas untuk komunikasi belum dioptimalkan untuk belajar matematika dengan penggunaan *augmented reality*. Padahal fakta menunjukkan bahwa rendahnya kemampuan visualisasi siswa dalam memahami materi geometri masih cukup banyak. Apalagi pemahaman konsep geometris siswa masih sangat memprihatinkan, karena siswa belum dapat belajar materi dengan mudah.

Oleh karena itu, pengembangan *augmented reality* untuk meningkatkan kemampuan visualisasi siswa dengan memanfaatkan handphone yang telah dimiliki siswa akan mempermudah pemahaman konsep geometris siswa. Hasil pengembangan ini diharapkan dapat berkontribusi pada media yang dapat memberikan kemudahan proses pembelajaran matematika yang lebih praktis dan efisien sehingga dapat berkontribusi pada peningkatan kemampuan visualisasi dan pemahaman konsep geometris siswa.

#### **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini menggunakan desain pengembangan ADDIE. Alasan pemilihan desain ini didasarkan pada kebutuhan tahapan penelitian yang harus menganalisis terlebih dahulu. Analisis terhadap penggunaan teknologi dalam pembelajaran matematika sudah banyak dilakukan, akan tetapi banyak kebutuhan akan kemampuan yang lebih kompleks dalam pembelajaran perlu mendapatkan perhatian.

Data penelitian ini dilangsungkan pada semester ganjil pada periode tahun akademik 2023/2024 selama bulan April sampai Mei pada beberapa sekolah. Siswa yang mengikuti penelitian ini sejumlah 6 kelas yang terdiri dari 158 siswa dimana laki – laki terdapat 78 siswa dan 80 siswa berjenis kelamin perempuan.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm>

Instrumen penilaian yang digunakan dalam mengevaluasi penelitian ini ada dua yaitu instrumen evaluasi aplikasi dan instrumen pengukuran kemampuan visualisasi dan pemahaman konsep geometri khususnya kubus dan balok. Dalam mengukur sejauhmana pemahaman siswa dalam konsep visualisasi, dan pemahaman konsep dibuatkan 10 masalah matematika yang telah divalidasi oleh guru dan praktisi matematika.

Analisis data penelitian menggunakan data deskripsi<sup>5</sup> yang dideskripsikan berdasarkan tahapan pengembangan ADDIE yaitu analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi.

### HASIL dan PEMBAHASAN

Hasil penelitian pengembangan<sup>12</sup> dilaporkan dengan memperhatikan desain ADDIE, yaitu analisis, desain, development, implementasi dan evaluasi. Penjelasan lebih rinci akan disampaikan sebagai berikut.

### ANALISIS

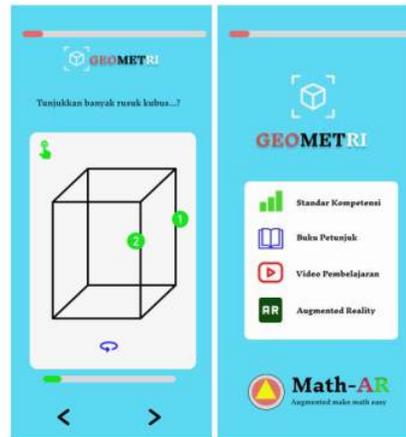
Analisis penelitian dimulai dengan tahapan identifikasi kebutuhan yang diperlukan oleh siswa dan mengukur kemampuan visualisasi serta pemahaman konsep matematika siswa. Dalam mengukur kemampuan visualisasi siswa dan kemampuan pemahaman konsep, penelitian ini menggunakan instrumen yang terdiri dari 10 masalah matematika yang sudah divalidasi oleh 2 guru matematika. Siswa cenderung kesulitan dalam menyusun suatu bangun ruang baru dari beberapa bangun kubus dan balok yang telah disediakan. Kemampuan imajinasi siswa dalam menyelesaikan masalah masih berorientasi dalam jawaban tunggal sehingga kesulitan siswa masih sangat terlihat. Hal ini menunjukkan kurangnya pengetahuan siswa dalam visualisasi. Visualisasi juga menjadi kunci dalam banyak kesalahan yang dilakukan oleh siswa. Interpretasi masalah dalam bentuk visual menjadi sangat sulit.

Hasil analisis data selanjutnya dibuatkan tabel yang berisikan langkah-langkah yang diperlukan dalam proses pembelajaran matematika dengan *augmented reality* yang berbasis geometri. kompetensi yang ingin dicapai, masalah matematika yang disajikan, beberapa alternatif jawaban, dan skor poin.

### DESAIN

Desain yang dimulai dengan dasar data analisis kebutuhan siswa, tujuan pembelajaran, aspek teknis yang diperlukan, dan ragam masukkan dari guru dan siswa. Dalam mendesain aplikasi *augmented reality*, kami melakukan dua tahapan yaitu tahapan interpretasi hasil analisis, dan desain aplikasi *augmented reality*.

Aspek interpretasi hasil analisis dimulai dengan membuat konsep apa yang sesuai dengan kebutuhan siswa. Analisis yang menekankan pada aspek visualisasi perlu mendapatkan perhatian yang lebih. Hal ini diinterpretasikan oleh tim desain dengan mengelaborasi Assemblr Edu, dan aplikasi 360 derajat. Desain dimulai dengan mengintegrasikan *augmented reality* dengan 360 derajat dimana dalam setiap tampilan visual ditambahkan tombol 360 derajat. Integrasi dua aplikasi atau lebih menjadi salah satu cara untuk mengembangkan aplikasi menjadi lebih kompleks dan efektif. Hal senada juga dikemukakan oleh beberapa penelitian yang menjelaskan bahwa multi aplikasi dalam pengembangan pembelajaran matematika menjadi semakin jelas (Chang et al., 2020; Chao & Chang, 2018). Integrasi ilmu pendidikan matematika dan teknologi yang semakin dekat memudahkan siswa untuk mendapatkan kualitas pembelajaran yang lebih menyenangkan.



Gambar 1. Desain yang dikembangkan

Langkah yang tidak kalah pentingnya yaitu desain aplikasi. Desain aplikasi ini telah

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm>  
mendapatkan Hak Cipta dari Kemendiknas yang didaftarkan.

### DEVELOPMENT

Pengembangan aplikasi didasarkan pada desain aplikasi yang sudah dibuat dengan figma, dan eduLearn. Pengembangan dimulai dengan mendeckan front-end dari data figma. Pengembangan aplikasi didasarkan pada tiga aplikasi diantaranya; Assemblr EDU, figma, dan aplikasi 360 derajat. Dalam pengembangan penelitian ini berkolaborasi dengan pakar teknologi yang dapat mempermudah realisasi konsep desain yang telah dikembangkan. Sebelum tahapan pengembangan aplikasi ini dimulai, kami mempertimbangkan masukkan dari beberapa ahli pendidikan matematika dan ahli pendidikan teknologi. Ahli pendidikan matematika memberikan masukkan konsep matematika yang perlu diperkuat dengan menambahkan fitur 360 pada beberapa aspek pembelajaran. Bedanya dengan ahli pendidikan teknologi yang memberikan saran bahwa teknologi yang dihadapkan harus mengedepankan aspek kemudahan interaksi agar aplikasi ini diminati oleh siswa dan guru.

### IMPLEMENTASI

Dalam implementasinya, penelitian ini mendapatkan respons yang sangat positif dimana [s10](#) saling berinteraksi. Aplikasi telah berhasil mendorong siswa untuk lebih aktif dalam berdiskusi dan fokus pada penyelesaian masalah yang diberikan. Pembelajaran matematika menjadi lebih menyenangkan karena siswa telah mengkonversi peran utamanya dari pasif menjadi aktif. Siswa yang aktif berhasil mendorong guru untuk lebih banyak fokus menjadi fasilitator. Dalam konteks ini, pembelajaran matematika dengan aplikasi augmented reality berhasil mendorong terciptanya pembelajaran matematika yang berpusat pada siswa.

Dalam menunjukkan berapa besar pengaruh yang terciptanya dari proses pembelajaran matematika ini, dapat dilihat pada tabel 1, sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Uji t (Pre-test dan Post-test)

	M	SD	Std	t	df
Sekolah	-22,34	7.34	1.65	-15,77	.00

A					
Sekolah B	-24,56	7.32	1.55	-15,88	.00
Sekolah C	-23,76	7.35	1.77	-15,56	.00

Hasil menunjukkan bahwa seluruh data Sig. ([t15](#)) sebesar  $0,000 < 0,005$ , maka adanya perbedaan rata-rata antara hasil pretest dan posttest. Interpretasi dari hasil ini menunjukkan dengan ragam siswa yang sangat bervariasi dari 3 sekolah yang diujikan terdapat pengaruh yang cukup signifikan dalam meningkatkan kemampuan visualisasi dan pemahaman konsep matematika khususnya geometri.

Respons guru dalam pembelajaran matematika ini ternyata sangatlah positif dimana guru banyak memuji bagaimana aplikasi ini dapat mendorong siswa untuk lebih aktif. Hasil cuplikan wawancara dapat dilihat sebagai berikut;

*Augmented reality mendorong siswa saya untuk lebih aktif dalam proses belajar (Guru A2)*

*Siswa saya saat ini lebih aktif dalam belajar matematika tidak hanya di kelas tapi juga di luar kelas bersama dengan teman sejawatnya (Guru B2)*

### EVALUASI

Hasil implementasi menunjukkan adanya interaksi yang sangat aktif dari siswa baik dalam ataupun luar kelompok. Aktifitas siswa yang sangat aktif telah berhasil mendorong siswa untuk memahami konsep dan dapat menjelaskan visualisasi kepada teman sebayanya. Data menunjukkan aktivitas siswa yang berorientasi pada penyelesaian masalah terbukti mendukung interaksi. Akan tetapi, kurang [t11](#) aktivitas kelompok dalam lembar kerja yang telah disediakan.

Hal ini sesuai dengan penelitian-penelitian menjelaskan bahwa dalam konteks desain pembelajaran diperlukan pembeda antara lembar individu dan kelompok (Alifah & Utami, 2022; Panjaitan et al., 2013; Pramoda Wardhani & Oktiningrum, 2022). Hal ini juga sesuai dengan beberapa penelitian-penelitian yang menjelaskan bahwa urgensi pembelajaran kelompok mendorong siswa-siswa untuk berkolaborasi sedangkan pembelajaran tugas

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm>

mandiri mendorong siswa untuk bisa mandiri (Wyk, 2011; Yang et al., 2021). Faktor-faktor yang menyebabkan ini terjadi diantaranya masalah yang diberikan oleh siswa belum mendorong untuk membuat suatu inovasi baru sehingga dapat diselesaikan secara individu mengingat proses pembelajaran matematika di kelas cukup singkat. Faktor lain yang menyebabkan hal itu terjadi karena keterbatasan ruang kelas untuk berdiskusi dalam jangka waktu yang lama, lain halnya dengan pembelajaran matematika di luar kelas yang lebih menyediakan waktu, ruang, dan kesempatan interaksi yang jauh lebih banyak. Hal ini juga sesuai dengan beberapa pendapat ahli yang menjelaskan bahwa ruang kelas memberikan batasan siswa untuk mengeksplorasi dunia luar, sehingga pembelajaran kelompok di luar kelas sangat membantu siswa untuk mengeksplorasi lagi ilmu yang sudah dipelajarinya (Arzarello et al., 2002; Lambert, 2019).

Penelitian-penelitian yang telah mengembangkan hasil riset melalui produk menjelaskan bahwa dalam meningkatkan aktivitas kelompok, guru-guru dan penelitian yang akan datang perlu mempertimbangkan lembar kerja yang dilakukan secara berkelompok di luar kelas (Ainley & Ainley, 2011; Estapa & Nadolny, 2015; Stender, 2017). Permasalahan yang disajikan perlu melibatkan banyaknya aktivitas yang sangat kontekstual (Monzalve & Horner, 2021; Mutia, 2017). Lembaran kerja siswa juga perlu dilengkapi dengan adanya instruksi untuk mempresentasikan hasil penyelesaian masalah dalam pembelajaran matematika. Dengan mengkomplekskan suatu masalah, pembelajaran matematika di luar kelas telah membuka banyaknya ruang diskusi siswa. Hal ini sesuai dengan beberapa peneliti yang menjelaskan pentingnya membuat permasalahan matematika yang kompleks karena dapat memberikan kemudahan dalam mendorong siswa untuk belajar secara berkelompok (Ferdianto & Hartinah, 2020). Aktivitas siswa di luar kelas secara berkelompok dapat mengarahkan siswa untuk mendorong penyelesaian suatu masalah lebih komprehensif dan mempersiapkan presentasi dalam hasil diskusi di depan kelas (Foster, 2021; D. Zhang et al., 2018; J. Zhang et al., 2023). Hal ini tentu akan menguji

sejauhmana siswa memahami masalah melalui visualisasi data.

## KESIMPULAN

Pengembangan *augmented reality* pada materi kubus dan balok ini ternyata memberikan peningkatan kemampuan visualisasi siswa yang sangat signifikan. Hal ini tercermin dari kemampuan siswa untuk melakukan rekonstruksi suatu bangun seperti gedung pencakar langit, stadion sepak bola, rumah minimalis, dan berbagai implementasinya pada konteks dunia nyata. Kemampuan siswa untuk menyelesaikan masalah matematika tidak lagi sebatas pada mencari luas dan volume tapi sampai dapat menyusun berbagai macam bentuk balok dan kubus yang digabungkan untuk dijadikan suatu bangunan yang berfungsi untuk penyelesaian masalah.

Kemampuan pemahaman konsep siswa juga terlihat meningkat pada materi kubus dan balok ini. Siswa sudah dapat menyelesaikan masalah matematika yang cukup kompleks. Siswa dapat dengan mudah mengetahui cara mencari suatu volume pada bangun kubus dan balok yang disusun dengan beragam tinggi, lebar, dan panjang yang berbeda. Kemampuan siswa dalam menganalisis apa yang harus dilakukan terlebih dahulu ternyata didapatkan dari kemampuan visualisasi yang baik. Kemampuan visualisasi yang baik berkontribusi secara positif terhadap kemampuan pemahaman konsep geometris siswa.

Penelitian ini mungkin masih banyak kekurangan, sehingga ada beberapa poin yang perlu mendapatkan perhatian yaitu menganalisis kemampuan guru dalam pengembangan *augmented reality*, dan pengembangan masalah geometri yang kompleks. Analisis kemampuan guru dalam mengoperasikan *augmented reality* menjadi satu hal yang sangat fundamental, mengingat guru harus menjadi fasilitator dalam proses pembelajaran matematika di kelas. Dengan mengetahui kemampuan teknis guru dalam pengembangan *augmented reality*, maka rancangan pelatihan yang diperlukan dalam pengembangan kompetensi guru yang berkelanjutan menjadi lebih terarah.

Pengembangan masalah matematika yang kontekstual dan kompleks menjadi suatu tantangan tersendiri bagi penelitian yang akan

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm>

datang. Penelitian untuk mengembangkan masalah-masalah yang kontekstual dan kompleks perlu difokuskan tersendiri. Hal ini karena tidak mudah membuat masalah matematika yang dapat mendorong siswa untuk meningkatkan multi kemampuan pada saat yang sama. Dengan tersedianya masalah matematika yang kompleks dan kontekstual, dapat melengkapi proses pengembangan *augmented reality* yang sudah berjalan saat ini.

# Aksioma Juni 2024

## ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX

4%

INTERNET SOURCES

3%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

## PRIMARY SOURCES

1	Agustri Amelia Fajarwati, Puji Nugraheni, Wharyanti Ika Purwaningsih. "Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Kontekstual Menggunakan Articulate Storyline 3 Pada Materi Pola Bilangan Untuk Membantu Pemahaman Konsep", RANGE: Jurnal Pendidikan Matematika, 2023 Publication	1%
2	<a href="https://journals.bilpubgroup.com">journals.bilpubgroup.com</a> Internet Source	1%
3	<a href="https://download.garuda.ristekdikti.go.id">download.garuda.ristekdikti.go.id</a> Internet Source	<1%
4	<a href="https://fkip.ummetro.ac.id">fkip.ummetro.ac.id</a> Internet Source	<1%
5	<a href="https://ejurnal.budiutomomalang.ac.id">ejurnal.budiutomomalang.ac.id</a> Internet Source	<1%
6	<a href="https://jti.respati.ac.id">jti.respati.ac.id</a> Internet Source	<1%
7	Clara Marina Pereira Cavalcanti Silva. "Participação da atividade redox e das	<1%

armadilhas extracelulares de neutrófilos na gênese e desenvolvimento da lesão periapical induzida experimentalmente em camundongos", Universidade de São Paulo. Agência de Bibliotecas e Coleções Digitais, 2023

Publication

8

Reny Wahyuni, Ratu Ilma Indra Putri, Yusuf Hartono. "Volume Kubus dan Balok Melibatkan Kemampuan Visualisasi Spasial di Kelas VIII", Jurnal Elemen, 2015

Publication

<1 %

9

Siti Annisah, Suhendi Suhendi, Atin Supriatin, Siti Masfi'ah. "Penurunan Kemampuan Pemahaman Konsep Matematis Siswa Sekolah Dasar Selama Pembelajaran Online di Masa Pandemic Covid-19", Elementary : jurnal ilmiah pendidikan dasar, 2021

Publication

<1 %

10

[ejurnalkotamadiun.org](http://ejurnalkotamadiun.org)

Internet Source

<1 %

11

[eprints.umm.ac.id](http://eprints.umm.ac.id)

Internet Source

<1 %

12

[pt.scribd.com](http://pt.scribd.com)

Internet Source

<1 %

13

[qdoc.tips](http://qdoc.tips)

Internet Source

<1 %

14 [repositorio.upn.edu.pe](https://repositorio.upn.edu.pe)  
Internet Source

<1 %

---

15 [repository.upi.edu](https://repository.upi.edu)  
Internet Source

<1 %

---

Exclude quotes  On

Exclude matches  Off

Exclude bibliography  On

## APAKAH AUGMENTED REALITY DAPAT MENSTIMULUS PEMAHAMAN KONSEP DAN VISUALISISASI GEOMETRI SISWA?

Khoerul Umam<sup>1\*</sup>, Arum Fatayan<sup>2</sup>, Ishaq Nuriadin<sup>3</sup>, Ervin Azhar<sup>4</sup>, Slamet<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup> Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA, Jakarta, Indonesia

\*Corresponding author.

E-mail: [khoerul.umam@uhamka.ac.id](mailto:khoerul.umam@uhamka.ac.id)<sup>1\*)</sup>  
[arum\\_fatayan@uhamka.ac.id](mailto:arum_fatayan@uhamka.ac.id)<sup>2)</sup>  
[ishaq\\_nuriadin@uhamka.ac.id](mailto:ishaq_nuriadin@uhamka.ac.id)<sup>3)</sup>  
[ervin.azhar.matematika@uhamka.ac.id](mailto:ervin.azhar.matematika@uhamka.ac.id)<sup>4)</sup>  
[slamet@uhamka.ac.id](mailto:slamet@uhamka.ac.id)<sup>5)</sup>

Received 21 September 2023; Received in revised form 27 March 2024; Accepted 29 June 2024

### Abstrak

Rendahnya kemampuan visualisasi siswa dalam materi geometri berkontribusi terhadap rendahnya pemahaman konsep matematis siswa perlu mendapatkan perhatian dari berbagai pihak. Berbagai alternatif teknologi yang saat ini seperti *augmented reality* dapat menjadi salah satu pilihan yang tepat untuk membantu visualisasi geometri. Riset ini akan memfokuskan pada peningkatan kemampuan visualisasi dan pemahaman konsep siswa pada materi geometri melalui penggunaan *augmented reality*. Desain pengembangan *augmented reality* menggunakan ADDIE. Subjek penelitian ini yaitu siswa kelas VIII yang sedang mempelajari materi kubus dan balok sebanyak 40 siswa. Instrumen penelitian ini menggunakan 5 masalah yang dapat mengukur pemahaman dan visualisasi geometri siswa. Analisis data ini akan memberikan deskripsi lengkap bagaimana tahapan pelaksanaan pengembangan dengan ADDIE melalui tahapan analisis, desain, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ketertarikan siswa pada *augmented reality* telah mendorong mereka untuk belajar lebih lama karena visualisasi yang menarik sehingga siswa selalu berkeinginan untuk belajar. Intensitas pembelajaran yang tinggi dari siswa telah membantu meningkatkan kemampuan pemahaman konsep geometri pada waktu yang sama. Keinginan siswa untuk belajar lebih lama, dan mengeksplorasi materi sangat berkontribusi terhadap degradasi paradigma negatif matematika yang selama ini ada.

**Kata Kunci:** *Augmented reality*; kemampuan pemahaman konsep; visualisasi, masalah geometri.

### Abstract

The low visualization ability of students in geometry material contributes to the low understanding of mathematical concepts. Students need attention from various parties. Various current alternative technologies such as *augmented reality* can be the right choice to help visualize geometry. This research will focus on improving students' visualization abilities and understanding of concepts in geometry material through the use of *augmented reality*. *Augmented reality* development design using ADDIE. The subjects of this research were 40 students in class VIII who were studying cubes and blocks. This research instrument uses 5 problems that can measure students' understanding and visualization of geometry. This data analysis will provide a complete description of the stages of implementing development with ADDIE through the stages of analysis, design, development, implementation and evaluation. The results of the research can be concluded that students' interest in *augmented reality* has encouraged them to study longer because of the attractive visualization so that students always want to learn. The high learning intensity of students has helped improve the ability to understand geometric concepts at the same time. Students' desire to study longer and explore the material greatly contributes to the degradation of the negative paradigm of mathematics that currently exists.

**Keywords:** *Augmented reality*; concept understanding ability; geometry problems; visualization.



This is an open access article under the [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8784>

## PENDAHULUAN

Aktivitas interaksis siswa dengan teknologi yang sangat tinggi dapat menjadi salah satu cara untuk mendekatkan pembelajaran matematika pada kehidupan siswa melalui pengembangan pembelajaran matematika yang berbasis teknologi (Alim et al., 2015; Umam et al., 2019). Banyaknya pilihan teknologi yang ada saat ini harus dapat memberikan berbagai alternatif solusi pembelajaran matematika sehingga dapat menyelesaikan pada permasalahan-permasalahan yang dihadapi oleh siswa. Pemilihan teknologi yang tepat penting dalam tahapan pengembangan matematika. *Augmented reality* yang fokus pada visualisasi objek tiga dimensi sangat cocok pada materi geometri (Amir et al., 2020; Cai et al., 2020; Nilsson et al., 2010).

Berbagai penelitian yang sudah dilakukan dalam pengembangan *augmented reality* telah banyak digunakan pada proses pembelajaran dengan berbagai tujuan sesuai dengan permasalahan yang dihadapi oleh siswa (Rahman & Setyaningrum, 2022; Risqi et al., 2023; Syahida et al., 2020). Penelitian Rahman & Setyaningrum (2015) mengkaji penggunaan *augmented reality* pada konteks siswa sekolah dasar yang bertujuan untuk mengeksplorasi bangun datar yang ada disekeliling siswa. Siswa diminta untuk menscan berbagai benda yang ada disekitarnya dengan menggunakan *handphone*, lalu mengidentifikasi bentuk bangun datar itu seperti apa. Penggunaan *handphone* dalam konteks pembelajaran saat itu menjadi hal yang baru dan menarik sehingga siswa dapat belajar secara berkelompok. Komunikasi yang aktif terjalin antar siswa mendorong mereka untuk berinisiatif mengambil tindakan belajar lebih banyak disekitar rumah mereka

sehingga pembelajaran matematika tidak hanya berhenti pada proses pembelajaran di kelas aja.

Beda halnya dengan penelitian yang dilakukan oleh Syahida *et al* (2020) mengeksplorasi penggunaan *augmented reality* pada materi sistem koordinat kartesius. Siswa belajar bagaimana dalam menentukan titik koordinasi dan menghubungkan titik – titik pada sumbu koordinat melalui bantuan *augmented reality*. Penelitian ini berhasil menghantarkan siswa untuk belajar banyak bagaimana belajar sumbu koordinat itu sangat menyenangkan. Interaksi antar siswa yang terjadi selama proses pembelajaran berdampak sangat positif bagi mental siswa dan berhasil mengikis rasa takut siswa pada matematika.

Namun, dari penelitian-penelitian yang telah ada belum ada penelitian *augmented reality* yang fokus pada materi kubus dan balok secara komprehensif. Terlebih lagi yang mengkhususkan pada kemampuan visualisasi siswa yang dapat meningkatkan pemahaman konsep geometri secara bersamaan. Padahal dengan menggunakan *augmented reality*, siswa dapat memiliki kemampuan visualisasi yang baik sehingga sangat dimungkinkan untuk siswa memahami materi geometri menjadi lebih sederhana (Ferdianto & Hartinah, 2020; Stahre et al., 2019). Dengan kemudahan penjelasan materi yang diajarkan pada siswa yang belajar geometri dengan *augmented reality*, kita dapat meningkatkan dua kemampuan secara bersamaan.

Fakta di lapangan menunjukkan mayoritas siswa telah menggunakan *handphone* dalam aktivitas kesehariannya. Namun, penggunaannya masih terbatas untuk komunikasi belum dioptimalkan untuk belajar matematika

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8784>

dengan penggunaan *augmented reality*. Padahal fakta menunjukkan bahwa rendahnya kemampuan visualisasi siswa dalam memahami materi geometri masih cukup banyak. Apalagi pemahaman konsep geometris siswa masih sangat memprihatinkan, karena siswa belum dapat belajar materi dengan mudah.

Oleh karena itu, pengembangan *augmented reality* untuk meningkatkan kemampuan visualisasi siswa dengan memanfaatkan *handphone* yang telah dimiliki siswa akan mempermudah pemahaman konsep geometris siswa. Hasil pengembangan ini diharapkan dapat berkontribusi pada media yang dapat memberikan kemudahan proses pembelajaran matematika yang lebih praktis dan efisien sehingga dapat berkontribusi pada peningkatan kemampuan visualisasi dan pemahaman konsep geometris siswa.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan desain pengembangan *Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation* (ADDIE). Pada tahapan *analysis* dilakukan analisis kebutuhan siswa, kebutuhan guru, kebutuhan kemampuan visualisasi siswa, kebutuhan teknologi yang diperlukan dan kebutuhan kemampuan pemecahan masalah siswa. Selanjutnya dilakukan *design*, dengan menggambarkan dari hasil analisis yang sudah dikerjakan dengan membuat tampilan alurnya pada program *figma*. Alasan pemilihan desain ini didasarkan pada kesesuaian dengan tujuan penelitian penelitian yaitu meningkatkan kemampuan pemahaman konsep dan kemampuan visualisasi siswa. Tahapan pengembangan (*development*) dilakukan dengan mengubah hasil *figma* ke dalam bentuk pemrograman yang dapat mensimu-

lasikan hasilnya menjadi lebih realistis. Tahapan implementasi dimana peneliti bersama dengan guru mengimplementasikan hasil pengembangan pada kelas yang sudah ditentukan. Pada tahapan akhir, *evaluation*, dimana pembelajaran dengan penggunaan *augmented reality* ini dievaluasi sejauhmana berdampak pada kemampuan visualisasi siswa dan kemampuan pemecahan masalah matematis siswa.

Penelitian ini dilaksanakan pada semester ganjil tahun pelajaran 2023/2024 selama bulan April sampai Mei pada 3 Sekolah Menengah Atas diantaranya SMA Negeri 29 Jakarta, Madrasah Aliyah Kafila Jakarta, dan Sekolah Menengah Atas Muhammadiyah 3 Limau Jakarta Selatan. Masing-masing sekolah akan terdapat satu kelas eksperimen dan satu kelas kontrol sehingga terdapat 6 kelas dimana 3 kelas eksperimen dan 3 kelas kontrol. Jumlah siswa terdiri dari 158 siswa dimana laki – laki terdapat 78 siswa dan 80 siswa perempuan.

Instrumen penilaian yang digunakan dalam mengevaluasi penelitian ini ada dua yaitu instrumen evaluasi aplikasi dan instrumen pengukuran kemampuan visualisasi dan pemahaman konsep geometri khususnya kubus dan balok. Dalam mengukur sejauhmana pemahaman siswa dalam konsep visualisasi, dan pemahaman konsep dibuatkan 10 masalah matematika yang telah divalidasi oleh guru dan praktisi matematika. Sundari & Prabawati, (2019) menyebutkan 4 indikator kemampuan visualisasi Matematika.

1. *Looking*, siswa diukur sejauhmana dapat menganalisis masalah matematika yang diberikan.
2. *Imagining*, siswa dapat menggambar masalah menjadi bentuk yang lebih representatif dan mudah dipahami.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8784>

3. *Showing and Telling*, siswa dapat menunjukkan dan memberi informasi yang tepat terhadap gambar yang sudah diberikan.
4. *Representation*, siswa dapat merepresentasikan gambar tersebut ke dalam bentuk yang lebih konkrit dan dapat memberikan contoh lainnya yang sesuai dengan masalah.

Sedangkan kemampuan pemecahan masalah matematika terbagi menjadi 4 yaitu memahami masalah, merencanakan masalah, menyelesaikan masalah, dan melihat kembali masalah (Netriwati, 2016).

Analisis data penelitian menggunakan data deskripsi yang dideskripsikan berdasarkan tahapan pengembangan ADDIE yaitu *analysis, design, development, implementation, and evaluation*. Tahapan analisis data kemampuan pemahaman konsep akan dibuatkan pada skor sesuai dengan rubrik yang sudah divalidasi oleh ahli pendidikan matematika, dan ahli pendidikan teknologi. Ahli memberikan penilaian skor antara 1 sampai dengan 5 pada masing-masing aspek. Rata-rata penilaian pada masing-masing aspek harus mendapatkan nilai minimum yaitu 4.0. Dalam penelitian ini, dalam penelitian ini ditetapkan tiga kriteria penilaian yang dilakukan diantaranya, tidak layak (rata-rata nilai  $\leq 4.0$ ), layak ( $4.0 < \text{rata-rata nilai} \leq 4.5$ ) dan sangat layak (rata-rata nilai  $> 4.5$ ).

Untuk mengevaluasi dampak pada kemampuan visualisasi dan kemampuan pemecahan masalah matematis, maka dilakukan dua uji t dimana uji t pertama untuk mengukur kemampuan visualisasi siswa dan uji t kedua untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah matematika siswa.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian pengembangan ini dilaporkan dengan memperhatikan desain ADDIE, yaitu analisis, desain, development, implementasi dan evaluasi. Penjelasan lebih rinci akan disampaikan sebagai berikut.

### Analisis

Analisis penelitian dimulai dengan tahapan identifikasi kebutuhan yang diperlukan oleh siswa dan mengukur kemampuan visualisasi serta pemahaman konsep matematika siswa. Dalam mengukur kemampuan visualisasi siswa dan kemampuan pemahaman konsep, penelitian ini menggunakan instrumen yang terdiri dari 10 masalah matematika yang sudah divalidasi oleh 2 guru matematika. Siswa cenderung kesulitan dalam menyusun suatu bangun ruang baru dari beberapa bangun kubus dan balok yang telah disediakan. Kemampuan imajinasi siswa dalam menyelesaikan masalah masih berorientasi dalam jawaban tunggal sehingga kesulitan siswa masih sangat terlihat. Hal ini menunjukkan kurangnya pengetahuan siswa dalam visualisasi. Visualisasi juga menjadi kunci dalam banyak kesalahan yang dilakukan oleh siswa. Interpretasi masalah dalam bentuk visual menjadi sangat sulit.

Hasil analisis data selanjutnya dibuatkan tabel yang berisikan langkah-langkah yang diperlukan dalam proses pembelajaran matematika dengan *augmented reality* yang berbasis geometri. kompetensi yang ingin dicapai, masalah matematika yang disajikan, beberapa alternatif jawaban, dan skor poin.

### Desain

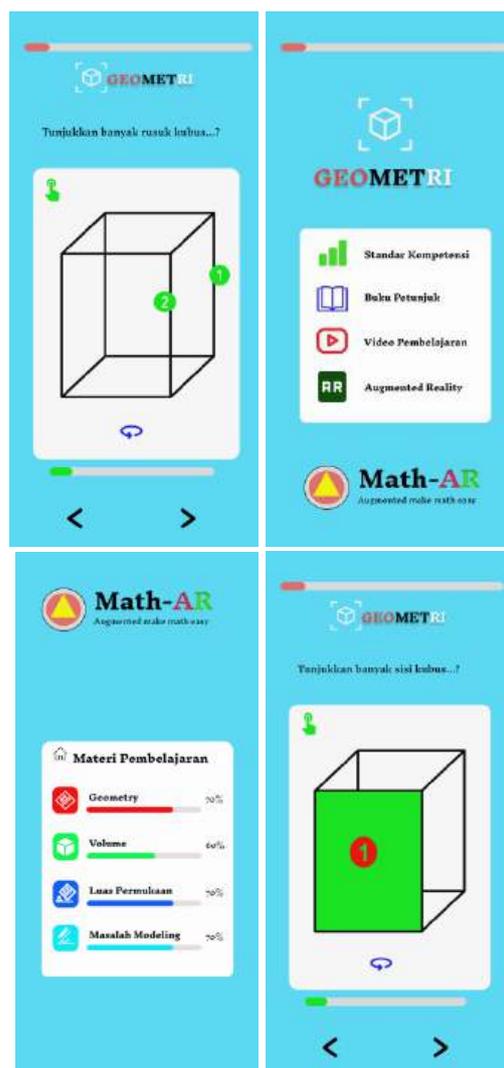
Desian yang dimulai dengan dasar data analisis kebutuhan siswa, tujuan pembelajaran, aspek teknis yang

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8784>

diperlukan, dan ragam masukkan dari guru dan siswa. Dalam mendesain aplikasi *augmented reality*, kami melakukan dua tahapan yaitu tahapan interpretasi hasil analisis, dan desain aplikasi *augmented reality*.

Aspek interpretasi hasil analisis dimulai dengan membuat konsep apa yang sesuai dengan kebutuhan siswa. Analisis yang menekankan pada aspek visualisasi perlu mendapatkan perhatian yang lebih. Hal ini diinterpretasikan oleh tim desain dengan mengelaborasi Assemblr Edu, dan aplikasi 360 derajat. Desain dimulai dengan mengintegrasikan *augmented reality* dengan 360 derajat dimana dalam setiap tampilan visual ditambahkan tombol 360 derajat. Integrasi dua aplikasi atau lebih menjadi salah satu cara untuk mengembangkan aplikasi menjadi lebih kompleks dan efektif. Hal senada juga dikemukakan oleh beberapa penelitian yang menjelaskan bahwa integrasi antara *augmented reality* dengan penambahan tombol 360 derajat dalam pengembangan aplikasi pembelajaran menjadi relevan dalam konteks meningkatkan pemahaman konsep geometri siswa (Chang et al., 2020; Chao & Chang, 2018).

Dalam pengembangan aplikasi ini juga dilengkapi dengan fitur sampai sejauhmana siswa telah menyelesaikan materi pembelajarannya. Dengan adanya informasi yang lengkap, diharapkan siswa mampu menyelesaikan tahapan-tahapan pembelajaran dengan baik sehingga kemampuan siswa dalam memvisualisasikan konsep geometri dan pemahaman konsep menjadi lebih baik.



Gambar 1. Desain yang dikembangkan

Langkah yang tidak kalah pentingnya yaitu desain aplikasi. Desain aplikasi ini telah mendapatkan Hak Cipta dari Kemenkumham yang didaftarkan.

### Pengembangan

Pengembangan aplikasi didasarkan pada desain aplikasi yang sudah dibuat dengan figma, dan eduLearn. Pengembangan dimulai dengan mencodekan front-end dari data figma. Pengembangan aplikasi didasarkan pada tiga aplikasi diantaranya; Assemblr EDU, figma, dan aplikasi 360 derajat. Dalam pengembangan penelitian ini berkolaborasi dengan pakar teknologi

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8784>

yang dapat mempermudah realisasi konsep desain yang telah dikembangkan. Sebelum tahapan pengembangan aplikasi ini dimulai, kami mempertimbangkan masukan dari beberapa ahli pendidikan matematika dan ahli pendidikan teknologi. Penilaian dari pakar Pendidikan teknologi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil validasi media

No	Aspek	Nilai Rata-rata	Kriteria
1	Rekayasa Perangkat	4.52	Sangat Layak
2	Tampilan Visual	4.75	Sangat Layak

Ketika melihat dari data dapat dijelaskan bahwa respons yang sangat positif dari pakar Pendidikan teknologi terkait dengan aplikasi yang dikembangkan. Hal senada juga dikemukakan oleh ahli Pendidikan matematika yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil validasi pakar matematika

No	Aspek	Nilai Rata-rata	Kriteria
1	Desain Pembelajaran	4.23	Layak
2	Rekayasa Perangkat Tampilan	4.53	Sangat Layak
3	Tampilan Visual	4.55	Sangat Layak
4	Fungsi <i>Augmented reality</i>	4.65	Sangat Layak

Ahli pendidikan matematika memberikan masukan konsep matematika yang perlu diperkuat dengan menambahkan fitur 360 pada beberapa aspek pembelajaran. Beda halnya dengan ahli pendidikan teknologi yang memberikan saran

bahwa teknologi yang dihadapkan harus mengedepankan aspek kemudahan interaksi agar aplikasi ini diminati oleh siswa dan guru.

### Implementasi

Dalam implementasinya, penelitian ini mendapatkan respons yang sangat positif dimana siswa saling berinteraksi. Aplikasi telah berhasil mendorong siswa untuk lebih aktif dalam berdiskusi dan fokus pada penyelesaian masalah yang diberikan. Pembelajaran matematika menjadi lebih menyenangkan karena siswa telah mengkonversi peran utamanya dari pasif menjadi aktif. Siswa yang aktif berhasil mendorong guru untuk lebih banyak fokus menjadi fasilitator. Dalam konteks ini, pembelajaran matematika dengan aplikasi *augmented reality* berhasil mendorong terciptanya pembelajaran matematika yang berpusat pada siswa.

Dalam menunjukkan berapa besar pengaruh yang terciptanya dari proses pembelajaran matematika ini pada kemampuan visualisasi siswa, dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji t skor kemampuan visualisasi siswa

Kelas	Banyak Siswa	Rata-rata	sig	Keterangan
Eksperimen	79	88.56	0.003	Sig. < 0,05
Kontrol	79	71.65		

Hasil menunjukkan bahwa seluruh data sig. (*t-tailed*) sebesar  $0,003 < 0,05$ , maka adanya perbedaan yang signifikan kemampuan visualisasi siswa yang belajar dengan menggunakan pengembangan *augmented reality*. Mayoritas siswa mampu melampaui 4 indikator kemampuan visualisasi matematis yaitu *looking, imagining, showing and telling*, dan *representation*.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8784>

Kemampuan visualisasi siswa meningkat pada seluruh kelas eksperimen yang menggunakan *augmented reality* karena interaksi siswa yang sangat baik. Pembelajaran dengan *augmented reality* berhasil mendorong siswa untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran.

Hasil pembelajaran matematika juga meningkat dari nilai rata-rata siswa pada kemampuan pemahaman konsep dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji t skor kemampuan pemecahan Masalah Matematika siswa

Kelas	Banyak Siswa	Rata-rata	sig	Keterangan
Eksperimen	79	86.46	0.002	Sig. < 0,05
Kontrol	79	75.47		

Data menunjukkan adanya perbedaan signifikan karena  $0,002 < 0,05$  yang dapat diinterpretasi sebagai suatu perbedaan dimana siswa pada kelas eksperimen yang menggunakan *augmented reality* secara bersamaan juga menunjukkan adanya peningkatan pada kemampuan pemecahan masalah. Siswa yang dapat dengan mudah memodelkan suatu masalah akan mendapatkan banyak keuntungan dimana siswa dapat lebih memahami masalah lebih komprehensif. Siswa yang terbiasa dengan visualisasi *augmented reality* akan dengan mudah membayangkan suatu Langkah penyelesaian masalah sehingga kemampuan pemecahan masalah siswa meningkat secara lebih signifikan. Kemampuan siswa untuk memvisualisasi mendukung kemampuan pemecahan masalah siswa.

Respons guru dalam pembelajaran matematika ini ternyata sangatlah positif dimana guru banyak memuji bagaimana aplikasi ini dapat mendorong siswa untuk lebih aktif. Guru-guru memberikan respons yang sangat positif.

## Evaluasi

Dalam rangka mengevaluasi implementasi dari pembelajaran matematika berbasis *augmented reality* berkontribusi dalam meningkatkan kemampuan visualisasi siswa serta kemampuan pemahaman konsep sehingga dapat menghidupkan suasana interaksi yang sangat aktif dari siswa baik dalam ataupun luar kelompok. Aktifitas siswa yang sangat aktif telah berhasil mendorong siswa untuk memahami konsep dan dapat menjelaskan visualisasi kepada teman sebayanya. Data menunjukkan aktivitas siswa yang berorientasi pada penyelesaian masalah terbukti mendukung interaksi. Interaksi ini dijumpai oleh *augmented reality* dimana siswa yang aktif menjadi sarana komunikasi teman sebaya untuk meningkatkan pemahaman konsep dan kemampuan visualisasi geometri siswa.

*Augmented reality* menjadikan pembelajaran matematika dapat disimulasikan dalam bentuk tiga dimensi sehingga lebih mudah untuk dipahami. Kemampuan pemahaman konsep yang baik mendorong siswa untuk lebih aktif dalam proses pembelajaran. Hal ini sesuai dengan penelitian-penelitian menjelaskan bahwa pembelajaran dengan tiga dimensi seperti *augmented reality* membuat siswa menjadi aktif karena peningkatan kemampuan dalam memahami konsep geometri yang baik (Amir et al., 2020; Lu & Liu, 2015). Hal ini juga sesuai dengan beberapa penelitian-penelitian yang menjelaskan bahwa *augmented reality* telah berhasil secara signifikan mendorong siswa untuk meningkatkan kemampuan pemahaman matematika siswa yang baik (Yang et al., 2021).

Faktor lain yang dapat dievaluasi dalam mendukung kemampuan visualisasi matematis siswa adalah

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8784>

kemampuan teknis siswa dalam menggunakan *augmented reality* yang masih belum terbiasa. Pembelajaran dengan *augmented reality* pada awalnya selalu terkendala dengan mengajarkan terlebih dahulu penggunaan *augmented reality* dengan baik.

Hal ini dibahas pada penelitian-penelitian yang telah mengembangkan hasil riset melalui produk yang menjelaskan bahwa dalam pembelajaran matematika dengan aplikasi, pada awalnya terdapat tantangan teknis yang harus diselesaikan agar pembelajaran menjadi lebih efektif (Estapa & Nadolny, 2015; Stender, 2017). Namun, siswa yang telah terbiasa dengan penggunaan aplikasi dapat membantu proses pembelajaran matematika menjadi lebih bermakna. Dengan kemampuan teknis penggunaan *augmented reality* yang baik, maka siswa dengan mudah dapat belajar serta mengeksplorasi konsep geometri dan meningkatkan kemampuan visualisasi siswa (Radosavljevic et al., 2020). Kemampuan visualisasi siswa yang sangat baik juga mendorong siswa untuk memahami konsep geometri secara bertahap mulai dari unsur-unsurnya dan sifat-sifat dari beragam bangun ruang (Zhang et al., 2018; Zhang et al., 2023). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dengan kemampuan visualisasi yang baik, siswa dapat dengan mudah memahami konsep geometri.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Pengembangan *augmented reality* pada materi kubus dan balok ini ternyata memberikan peningkatan kemampuan visualisasi siswa yang sangat signifikan. Kemampuan siswa untuk menyelesaikan masalah matematika tidak lagi sebatas pada mencari luas dan volume tapi sampai

dapat menyusun berbagai macam bentuk balok dan kubus yang digabungkan untuk dijadikan suatu bangunan yang berfungsi untuk penyelesaian masalah.

Kemampuan pemahaman konsep siswa juga terlihat meningkat pada materi kubus dan balok ini. Siswa sudah dapat menyelesaikan masalah matematika yang cukup kompleks. Kemampuan siswa dalam mengalisis apa yang harus dilakukan terlebih dahulu ternyata didapatkan dari kemampuan visualisasi yang baik. Kemampuan visualisasi yang baik berkontribusi secara positif terhadap kemampuan pemahaman konsep geometris siswa.

Penelitian yang akan datang perlu membahas mengenai analisis kemampuan guru dalam pengembangan *augmented reality*, dan pengembangan masalah geometri yang kompleks. Analisis kemampuan guru dalam mengoperasikan *augmented reality* menjadi satu hal yang sangat fundamental, mengingat guru harus menjadi fasilitator dalam proses pembelajaran matematika di kelas. Dengan mengetahui kemampuan teknis guru dalam pengembangan *augmented reality*, maka rancangan pelatihan yang diperlukan dalam pengembangan kompetensi guru yang berkelanjutan menjadi lebih terarah.

Penelitian yang akan datang juga perlu fokus pada pengembangan masalah matematika yang kontekstual dan kompleks. Hal ini karena tidak mudah membuat masalah matematika yang dapat mendorong siswa untuk meningkatkan multi kemampuan pada saat yang sama. Dengan tersedianya masalah matematika yang kompleks dan kontekstual, dapat melengkapi pengembangan *augmented reality* yang sudah berjalan saat ini.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8784>

## DAFTAR PUSTAKA

- Alim, E. S., Umam, K., & Rohim, S. (2015). Integration of reciprocal teaching-ICT model to improve students' mathematics critical thinking ability. *Workshop Proceedings of the 23rd International Conference on Computers in Education, ICCE 2015*.
- Amir, M. F., Fediyanto, N., Rudyanto, H. E., Nur Afifah, D. S., & Tortop, H. S. (2020). Elementary students' perceptions of 3Dmetric: A cross-sectional study. *Heliyon*, 6(6), e04052. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04052>
- 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>
- Chang, K. E., Zhang, J., Huang, Y. S., Liu, T. C., & Sung, Y. T. (2020). Applying augmented reality in physical education on motor skills learning. *Interactive Learning Environments*, 28(6), 685–697. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1636073>
- Chao, W.-H., & Chang, R.-C. (2018). Using Augmented Reality to Enhance and Engage Students in Learning Mathematics. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 5(12). <https://doi.org/10.14738/assrj.512.5900>
- Estapa, A., & Nadolny, L. (2015). The Effect of an Augmented Reality Enhanced Mathematics Lesson on Student Achievement and Motivation. *Journal of STEM Education*, 16(3), 40–49.
- Ferdianto, F., & Hartinah, S. (2020). Analysis of the Difficulty of Students on Visualization Ability Mathematics Based on Learning Obstacles. *International Conference on Agriculture, Social Sciences, Education, Technology and Health (ICASSETH 2019)*, 429(Icasseth 2019), 227–231. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.200402.053>
- Lu, S. J., & Liu, Y. C. (2015). Integrating augmented reality technology to enhance children's learning in marine education. *Environmental Education Research*, 21(4), 525–541. <https://doi.org/10.1080/13504622.2014.911247>
- Netriwati. (2016). Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah Matematis Berdasarkan Teori Polya Ditinjau dari Pengetahuan Awal Mahasiswa IAIN Raden Intan Lampung. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(9), 181–190.
- Nilsson, P., Håkan Sollervall, & Daniel Spikol. (2010). Mathematical learning processes supported by augmented reality. *Proceedings of the 34th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*.
- Radosavljevic, S., Radosavljevic, V., & Grgurovic, B. (2020). The potential of implementing augmented reality into vocational higher education through mobile learning. *Interactive Learning Environments*, 28(4), 404–418. <https://doi.org/10.1080/10494820.2018.1528286>
- Rahman, H. N., & Setyaningrum, W. (2022). Mathematics learning

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8784>

- based on augmented reality: A relevant mathematics teaching content and enhanced student abilities. *Proceedings of The 4th International Seminar On Innovation in Mathematics and Mathematics Education Isimmed 2020*.  
<https://doi.org/10.1063/5.0108248>
- Risqi, E. N., Setyaningrum, W., Andari, R. M., & Puspita Ardani, D. A. (2023). Pengembangan Mobile Learning Milea D3 Berbasis Rme Pada Materi Dimensi Tiga. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 12(2), 2189.  
<https://doi.org/10.24127/ajpm.v12i2.7088>
- Stahre W. B., Eriksson, T., Karlsson, G., Sunnerstam, M., Axelsson, M., & Billger, M. (2019). Design considerations for virtual laboratories: A comparative study of two virtual laboratories for learning about gas solubility and colour appearance. *Education and Information Technologies*, 24(3), 2059–2080.  
<https://doi.org/10.1007/s10639-018-09857-0>
- Stender, P. (2017). The use of heuristic strategies in modelling activities. *ZDM - Mathematics Education*, 50(1–2), 315–326.  
<https://doi.org/10.1007/s11858-017-0901-5>
- Sundari, E., & Prabawati, M. N. (2019). Analisis Kemampuan Visual Thinking Dalam Menyelesaikan Domain Soal PISA. *Journal of Authentic Research on Mathematics Education*, 1(2), 38–45.
- Syahida, E., Suprakarti, & Hadiyan, A. (2020). Pengembangan Media Pembelajaran Matematika Menggunakan Smartphone Berbasis Android Dengan Teknologi Augmented Reality Pada Materi Sistem Koordinat Kelas VIII SMP. *Prosiding Konferensi Nasional Penelitian Matematika Dan Pembelajarannya (KNPMP) V*, 72–84.
- Umam, K., Nusantara, T., Parta, I. N., Hidayanto, E., & Mulyono, H. (2019). An Application of Flipped Classroom in Mathematics Teacher Education Programme. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 13(03), 68.  
<https://doi.org/10.3991/ijim.v13i03.10207>
- Yang, X., König, J., & Kaiser, G. (2021). Growth of professional noticing of mathematics teachers: a comparative study of Chinese teachers noticing with different teaching experiences. *ZDM - Mathematics Education*, 53(1), 29–42. <https://doi.org/10.1007/s11858-020-01217-y>
- Zhang, D., Han, J., Zhao, L., & Meng, D. (2018). Leveraging Prior-Knowledge for Weakly Supervised Object Detection Under a Collaborative Self-Paced Curriculum Learning Framework. *International Journal of Computer Vision*, 127(4), 363–380.  
<https://doi.org/10.1007/s11263-018-1112-4>
- Zhang, J., Huang, Y. T., Liu, T. C., Sung, Y. T., & Chang, K. E. (2023). Augmented reality worksheets in field trip learning. *Interactive Learning Environments*, 31(1), 4–21.  
<https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1758728>