

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

Khoerul Umam^{1*}, Arum Fatayan², Ishaq Nuriadin³, Ervin Azhar⁴, Slamet⁵

^{1,2,3,4,5} Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA, Jakarta, Indonesia

*Corresponding author.

E-mail: khoerul.umam@uhamka.ac.id^{1*)}
arum_fatayan@uhamka.ac.id²⁾
ishaq_nuriadin@uhamka.ac.id³⁾
ervin.azhar.matematika@uhamka.ac.id⁴⁾
slamet@uhamka.ac.id⁵⁾

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 ≤ 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

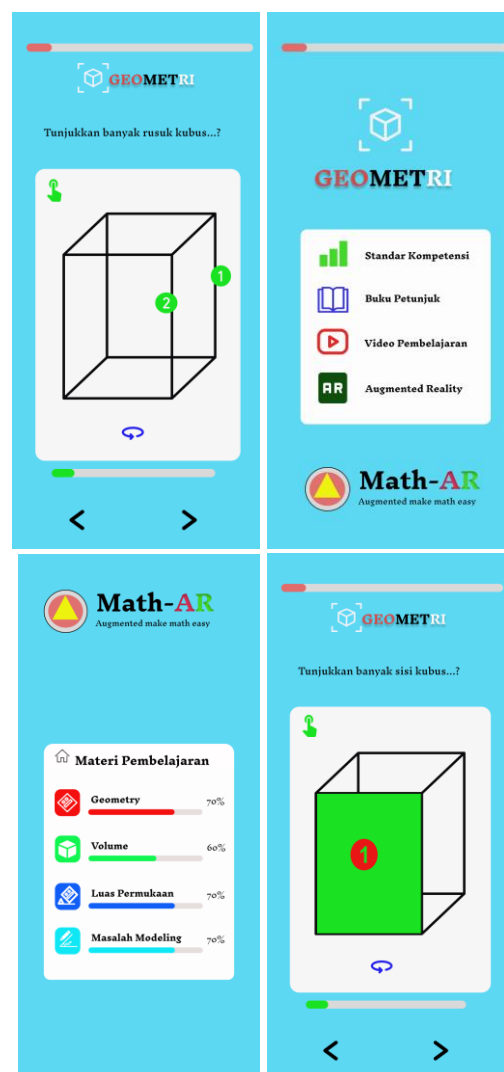
Desian yang dimulai dengan dasar data analisis kebutuhan siswa, tujuan pembelajaran, aspek teknis yang

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>