

PENGEMBANGAN BUKU AJAR TERINTEGRASI *AUGMENTED REALITY* UNTUK MENDUKUNG PEMAHAMAN KONSEP MATEMATIKA MAHASISWA CALON GURU SD

Destiniar¹, Marhamah^{2*}, Anggria Septiani Mulbasari³, Eka Fitri Puspa Sari⁴

^{1,2,3,4} Universitas PGRI Palembang, Palembang, Indonesia

E-mail: destiniar@univpgri-palembang.ac.id¹⁾
marhamah@univpgri-palembang.ac.id^{2*)}
anggriasm25@gmail.com³⁾
ekafitrips@universitas-pgri.ac.id⁴⁾

Received 12 December 2024; Received in revised form 14 August 2025; Accepted 28 November 2025

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi rendahnya pemahaman konseptual mahasiswa calon guru dan kebutuhan bahan ajar berbasis teknologi digital. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan buku ajar terintegrasi *augmented reality* yang memenuhi kriteria valid, praktis, dan efektif untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika mahasiswa calon guru SD. Model pengembangan yang digunakan adalah ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Tahap analisis dilakukan melalui telaah literatur untuk menentukan indikator pemahaman konseptual dan relevansi integrasi AR pada mata kuliah konsep dasar matematika. Tahap desain menghasilkan buku ajar yang memuat tiga komponen utama: ketepatan konsep, penggunaan representasi yang sesuai, dan kemampuan menjelaskan interpretasi konsep. Pada tahap pengembangan, buku ajar divalidasi oleh ahli dengan skor rata-rata 4,2 (kategori sangat valid). Implementasi dilakukan pada 40 mahasiswa program PGSD di salah satu universitas di Palembang selama empat pertemuan. Evaluasi efektivitas menunjukkan peningkatan signifikan skor pemahaman konseptual dari 62,10 menjadi 81,27 ($p < 0,001$), disertai peningkatan proporsi mahasiswa pada Level 3 dari 10% menjadi 40%. Sebanyak 86% mahasiswa memberikan respon positif terhadap penggunaan buku ajar terintegrasi AR. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi AR pada buku ajar matematika dapat membantu mengatasi kesulitan visualisasi konsep abstrak dan memperkuat keterkaitan antara konsep, representasi, dan prosedur. Penelitian lanjutan disarankan untuk memperluas penerapan pada topik matematika lain dan memperpanjang durasi pembelajaran guna mencapai level tertinggi pemahaman konseptual.

Kata kunci: ADDIE ; *augmented reality* ; buku ajar ; matematika dasar ; pemahaman konseptual

Abstract

This study was motivated by the low conceptual understanding of prospective elementary school teacher students and the need for innovative teaching materials based on digital technology. The aim of this research is to develop an augmented reality (AR)-integrated textbook that meets the criteria of being valid, practical, and effective in improving mathematical conceptual understanding among prospective elementary school teachers. The development model employed was ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). The analysis stage was conducted through a literature review to determine indicators of conceptual understanding and the relevance of AR integration in the elementary mathematics concepts course. The design stage produced a textbook containing three main components: conceptual accuracy, the use of appropriate representations, and the ability to explain conceptual interpretations. In the development stage, the textbook was validated by experts with an average score of 4.2 (very valid category). The implementation involved 40 elementary teacher education students at a university in Palembang over four sessions. The effectiveness evaluation showed a significant increase in conceptual understanding scores from 62.10 to 81.27 ($p < 0.001$), along with an increase in the proportion of students at Level 3 from 10% to 40%. A total of 86% of students gave positive responses to the use of the AR-integrated textbook. The results indicate that integrating AR into mathematics textbooks can help overcome difficulties in visualizing abstract concepts and strengthen the connections between concepts, representations, and procedures. Further research is recommended to extend the application to other mathematics topics and to lengthen the learning duration in order to achieve the highest level of conceptual understanding.

Keywords: ADDIE ; *augmented reality* ; *conceptual understanding* ; *primary mathematics* ; *textbook*



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.v14i4.11600>

PENDAHULUAN

Rendahnya pemahaman konsep matematis mahasiswa calon guru disebabkan dominasi pembelajaran prosedural dan keterbatasan media konvensional yang kurang mendukung visualisasi konsep abstrak. Kondisi ini menghambat keterkaitan antar konsep dan pemahaman materi prasyarat. Untuk itu, diperlukan inovasi bahan ajar yang interaktif dan mendukung visualisasi, salah satunya melalui integrasi *Augmented Reality* (AR) dalam buku ajar dipandang sebagai alternatif strategis untuk menjawab kebutuhan tersebut karena mampu membantu mahasiswa memvisualisasikan konsep abstrak sekaligus membangun keterkaitan antara konsep, representasi, dan prosedur

Pemahaman konsep merupakan poin kunci dalam pembelajaran matematika dan menjadi bekal untuk melakukan pemecahan masalah matematika (Mayasari & Habeahan, 2021; Sari et al., 2024). Konsep-konsep dalam matematika saling berkaitan satu dengan yang lain, sehingga untuk memahami materi yang lebih tinggi, siswa harus memahami beberapa materi prasyarat (Brinus et al., 2019). Oleh sebab itu, penting bagi guru untuk memastikan siswanya memiliki pemahaman konsep yang baik.

Untuk mencapai hal tersebut, ada beberapa hal yang harus dikuasai oleh guru, seperti pemahaman matematika, sikap, dan strategi pengajaran yang diperlukan untuk mengajarkan matematika (Engelbrecht et al., 2020). Sehingga poin-poin ini menjadi penting untuk dimiliki guru dan mahasiswa calon guru. Sebagaimana NCTM (2000) merumuskan tujuan dari pendidikan guru matematika adalah mengajarkan pemahaman konseptual matematika. Brinus et al. (2019) juga menekankan bahwa guru yang mengajarkan matema-

tika harus paham secara mendalam konten matematika yang mereka ajarkan.

Sayangnya, pemahaman konsep matematika mahasiswa calon guru justru rendah. Hal ini ditunjukkan oleh beberapa penelitian terdahulu seperti Hayati dan Asmara (2021) serta Rismawati dan Hutagaol (2018) menunjukkan kemampuan matematika dasar mahasiswa calon guru SD masih tergolong rendah. Selain itu, juga ada kecenderungan pada pemahaman prosedural dibandingkan pemahaman konseptual oleh mahasiswa calon guru SD (Runalls & Hong, 2020). Penelitian pendahuluan yang dilaksanakan oleh peneliti bagi mahasiswa calon guru SD Universitas PGRI Palembang juga mengkonfirmasi hal ini. Hanya sekitar **21,6 % mahasiswa** yang memahami konsep operasi hitung secara konseptual baik.

Upaya peningkatan pemahaman konsep matematika mahasiswa calon guru telah banyak didokumentasikan dalam penelitian empiris sebelumnya. Beberapa di antaranya menggunakan strategi pembelajaran untuk mendukung pemahaman konseptual mahasiswa calon guru. Contohnya, Chinnappan dan Forrester (2014) menggunakan strategi pembelajaran *representational reasoning teaching and learning* (RRTL) dalam mendukung pemahaman konseptual mahasiswa calon guru terhadap materi pecahan (Kaya, 2013). menggunakan strategi argumentasi untuk mendukung pemahaman konseptual mahasiswa calon guru.

Seiring berkembangnya teknologi, berbagai strategi pembelajaran tersebut berpotensi diperkuat melalui media berbasis teknolog yang interaktif dan fleksibel. Salah satu teknologi yang memiliki potensi besar dalam mendukung pemahaman konseptual adalah *Augmented Reality* (AR). AR dapat

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i4.11600>

memberikan pengalaman interaktif bagi mahasiswa, sehingga dapat membantu mereka memahami konsep-konsep matematika dan membangun konsep tersebut secara bertahap (Cai et al., 2020).

Oleh sebab itu, agar pemanfaatan AR lebih mudah diakses oleh mahasiswa calon guru, diperlukan media pembelajaran yang praktis. Salah satu alternatifnya adalah menyajikan konten AR dalam buku ajar yang terintegrasi AR. Hal ini dikarenakan, buku ajar dapat memfasilitasi mahasiswa calon guru untuk belajar mandiri dan menuntun proses belajar sesuai kemampuan masing-masing (Dianti et al., 2023)

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan buku ajar terintegrasi Augmented Reality (AR) pada mata

kuliah Konsep Dasar Matematika SD serta menguji efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa calon guru.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan menggunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Adapun tahapan pengembangan secara detail dapat dilihat pada Tabel 1.

Total 40 mahasiswa calon guru SD berpartisipasi dalam penelitian ini. Subjek dipilih menggunakan *purposive sampling* dengan mempertimbangkan mahasiswa yang dipilih merupakan mahasiswa semester 1 yang mengambil mata kuliah konsep dasar matematika SD di salah satu universitas di Kota Palembang yang menyediakan program Pendidikan Guru SD (PGSD).

Tabel 1. Desain penelitian

Tahap pengembangan	Aktivitas	Teknik pengumpulan data
<i>Analysis</i>	<ul style="list-style-type: none"> Review literatur pada: AR dan Pemahaman konseptual 	Kualitatif
<i>Design</i>	<ul style="list-style-type: none"> Merumuskan solusi dari permasalahan Mendesain buku ajar terintegrasi AR berdasarkan hasil review literatur. Menyusun instrumen pengumpulan data: angket validasi produk, lembar observasi kepraktisan produk, dan soal tes uji efektivitas 	
<i>Development</i>	Penilaian oleh 1 orang ahli di bidang pendidikan matematika, dan validasi mencakup kelayakan isi, kejelasan penyajian, dan kesesuaian integrasi AR dengan tujuan pembelajaran, keterbacaan, dan kemudahan penggunaan.	Kualitatif: deskriptif Kuantitatif: kuesioner
<i>Implementation</i>	Buku ajar terintegrasi AR diimplementasikan ke subjek penelitian untuk meng-evaluasi hasil implementasi dari sisi kepraktisan.	
<i>Evaluation</i>	Evaluasi hasil implementasi dari sisi efektivitas.	Kualitatif: deskriptif Kuantitatif: pre-test dan post-test.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i4.11600>

Analisis data dilakukan terhadap uji validasi, kepraktisan, dan keefektifan produk. Data validitas terdiri dari data kualitatif di mana ahli memberi masukan, komentar, ataupun saran terkait aspek isi, bahasa, penyajian, dan integrasi AR, menarik kesimpulan berdasarkan pola atau kecenderungan temuan dari ahli. Data ini kemudian digunakan sebagai dasar perbaikan produk, validasi ditentukan dengan menilai kesesuaian isi buku ajar dengan indikator pemahaman konseptual serta keterbacaan mahasiswa calon guru. Selain itu, ahli juga mengisi kuisioner, sehingga hasil validasi oleh ahli dapat dikelompokkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Kriteria validasi buku ajar terintegrasi AR (Rohaeti et al., 2023)

Persentase	Kriteria	Deskripsi
80%-100%	Sangat Valid	Tidak dibutuhkan revisi
60%-79%	Valid	Tidak dibutuhkan revisi
40%-59%	Cukup	Butuh revisi
0-39%	Belum Valid	Butuh revisi mayor

Tahap Implementation dilakukan dalam perkuliahan menggunakan buku ajar AR yang telah direvisi. Pada tahap ini, kepraktisan produk dinilai melalui lembar observasi dan angket respon mahasiswa. Data kuantitatif dari kedua instrumen tersebut dianalisis dengan menghitung skor rata-rata, mengubahnya menjadi persentase, dan menginterpretasikannya ke dalam kategori kepraktisan, sedangkan komentar terbuka mahasiswa dianalisis secara deskriptif sebagai data kualitatif

pendukung. Tahap Evaluation menilai keefektifan produk dengan membandingkan hasil pre-test dan post-test yang mengukur pemahaman konsep persamaan kuadrat berbasis grafik. Data dianalisis dengan menghitung skor rata-rata serta peningkatannya, termasuk perhitungan *normalized gain* (N-gain) untuk menentukan kategori efektivitas produk. Dengan demikian, setiap tahap dalam model ADDIE dianalisis menggunakan teknik yang sesuai dengan jenis data yang dihasilkan, sehingga menghasilkan gambaran komprehensif mengenai kevalidan, kepraktisan, dan keefektifan buku ajar terintegrasi AR.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Analysis

Tahap analisis mencakup review literatur yang komprehensif dari penggunaan AR dalam pembelajaran matematika dan pemahaman konseptual matematika. Tujuan dari literatur review ini adalah mengidentifikasi indikator yang relevan untuk disertakan dalam buku ajar terintegrasi AR pada konsep dasar matematika.

Pemahaman konseptual dapat didefinisikan sebagai pengetahuan akan konsep dari sebuah domain dan hubungan di antaranya, sedemikian hingga mengetahui apa yang harus dilakukan dan mengapa hal tersebut harus dilakukan (Cai & Ding, 2017). Secara lebih lengkap, rubrik pemahaman konseptual mahasiswa calon guru dalam konteks penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kriteria penskoran pemahaman konseptual mahasiswa calon guru

Level	Definisi
0	Tidak menjawab dan tidak ada upaya yang dilakukan
1	Kesenjangan yang signifikan dalam pemahaman konsep, kesalahan besar dilakukan akibat kurangnya pengetahuan konseptual.

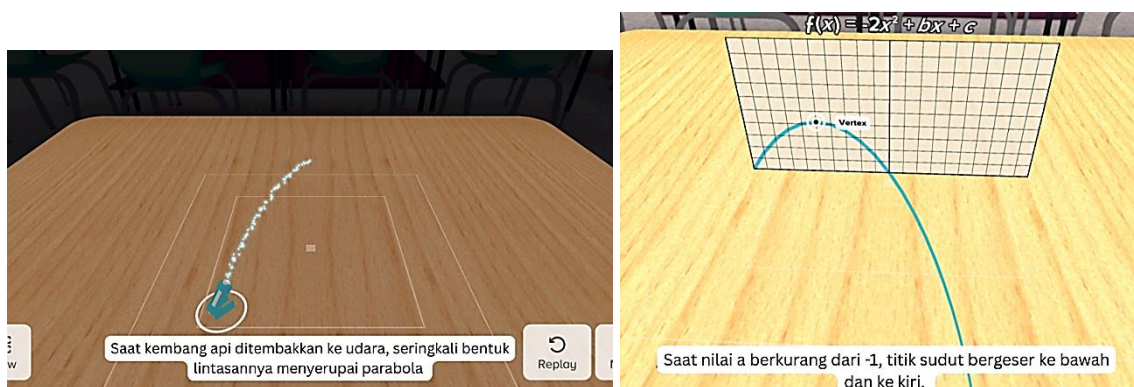
Level	Definisi
2	Terdapat bukti pemahaman konsep, tetapi kesulitan dalam menggunakan model, diagram, dan simbol untuk mewakili konsep.
3	Tidak ada kesalahan fatal, jawaban mengandung penggunaan yang akurat dari model, diagram, dan simbol. Menunjukkan pemahaman tentang interpretasi konsep juga mampu menjelaskan prosedur.
4	Penggunaan yang efektif dari model, diagram, dan simbol. Mengenali makna dan interpretasi konsep untuk menjelaskan prosedur atau kesimpulan.

Sumber: (Aguilar, J., & Telese, 2018)

AR adalah ekstensi dari *Virtual Reality* (VR). Teknologi ini memiliki tiga fitur esensial, yaitu memiliki elemen visual yang ditumpangkan di atas elemen nyata, interaksi *real-time*, dan dalam format 3 dimensi (3D) (Azuma, 1997); Cai et al., 2020). Pembelajaran dengan teknologi AR yang dirancang secara optimal memungkinkan penyajian visual 3D dari konsep matematika yang sulit diamati secara langsung, membantu merealisasikan materi, dan mempermudah siswa memahami topik yang kompleks ataupun abstrak (Cai et al., 2020). Teknologi AR dapat diintegrasikan dengan berbagai strategi pengajaran untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran (Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

Tahap Design

Hasil review pada tahap analisis menunjukkan bahwa buku ajar yang terintegrasi AR dalam mendukung pemahaman konseptual mahasiswa calon guru perlu memuat beberapa komponen utama. Pertama, menjawab dengan benar dan menggunakan konsep yang tepat. Kedua, menggunakan representasi (model, diagram, dan simbol) dengan tepat dan mengetahui alasan penggunaannya. Terakhir, memahami interpretasi konsep dan mampu menjelaskannya dengan tepat. Gambar 1 menggambarkan desain materi dari buku ajar terintegrasi AR.



Gambar 1. Desain buku ajar terintegrasi AR

Persamaan kuadrat merupakan salah satu materi matematika yang membutuhkan pemahaman konsep dan visualisasi yang kuat, terutama untuk

melihat hubungan antara bentuk aljabar dan grafiknya. Namun, banyak siswa mengalami kesulitan membayangkan bentuk parabola, pengaruh koefisien a ,

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i4.11600>

b , dan c terhadap grafik, serta kaitan dengan akar-akar persamaan. Penelitian ini memanfaatkan AR untuk menjembatani kesenjangan tersebut dengan menghadirkan visualisasi parabola secara interaktif dalam ruang nyata.

Tahap Development

Untuk memastikan validitasnya, buku ajar terintegrasi AR melalui penilaian validitas oleh seorang ahli (*expert*) yang merupakan akademisi di bidang pendidikan matematika. Penilaian ini mencakup kelayakan isi, kejelasan penyajian, dan kesesuaian integrasi AR dengan tujuan pembelajaran, keterbacaan, dan kemudahan penggunaan.

Hasil penilaian menunjukkan bahwa buku ajar terintegrasi AR memperoleh skor rata-rata 4,2 dari skala 5, yang berada pada kategori sangat valid (Mardia & Zulyanty, 2024). Secara rinci, aspek kelayakan isi memperoleh skor tertinggi, diikuti oleh aspek kesesuaian integrasi SR, sedangkan aspek kebahasaan dan panduan penggunaan memperoleh skor yang lebih rendah. Tabel 4 menyajikan hasil kuantitatif dari review ahli.

Tabel 4. Data kuantitatif review ekspert

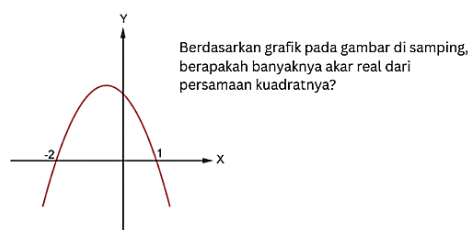
Komponen	Skor
Kelayakan isi	5
Kejelasan penyajian	4
Kesesuaian integrasi AR dengan tujuan pembelajaran	5
Keterbacaan	4
Kemudahan penggunaan	3
Rata-rata	4,2

Selain itu, ahli juga memberikan beberapa masukan kualitatif untuk penyempurnaan buku ajar terintegrasi AR, di antaranya: 1) memperjelas instruksi penggunaan AR pada bagian awal buku, 2) mengoptimalkan kualitas

visualisasi AR agar objek tiga dimensi terlihat lebih jelas pada layar ponsel dengan resolusi rendah, dan 3) menyederhanakan beberapa kalimat yang terlalu panjang agar lebih mudah dipahami oleh pembaca. Berdasarkan hasil review tersebut, buku ajar direvisi sesuai saran ahli untuk meningkatkan kejelasan, kemudahan penggunaan, dan kualitas visualisasi AR sebelum dilanjutkan ke tahap implementasi.

Tahap Implementation

Tahap implementasi dilaksanakan untuk menilai kepraktisan dari buku ajar terintegrasi AR yang dikembangkan (Spatioti et al., 2022). Tahap ini dimulai pada bulan Oktober 2024 di salah satu universitas di kota Palembang yang menyediakan program PGSD. Penelitian dilaksanakan pada mata kuliah Konsep Dasar Matematika SD selama 4 pertemuan. Pada pertemuan pertama, sebelum pembelajaran dilaksanakan mahasiswa calon guru diberikan soal pre-test. Berikut adalah salah satu soal pre-test yang diberikan.

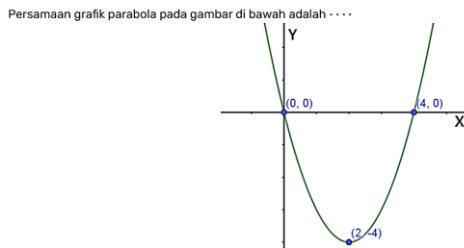


Gambar 2. Soal pre-test

Setelah itu pembelajaran dilaksanakan dengan bantuan buku ajar terintegrasi AR. Pada pertemuan terakhir, pembelajaran ditutup dengan pelaksanaan post-test mahasiswa calon guru SD. Gambar 3 menyajikan proses kegiatan tahap implementasi dan Gambar 4 menyajikan salah satu soal post-test yang digunakan.



Gambar 3. Tahap implementasi



Gambar 4. Soal post-test

Tahap *Evaluation*

Tahap evaluasi dilakukan untuk mengetahui efektivitas penggunaan buku ajar terintegrasi AR dalam meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa calon guru SD. Adapun kegiatan yang dilakukan pada tahap ini dijabarkan sebagai berikut.

Analisis Hasil Pre-test dan Post-test

Evaluasi efektivitas penggunaan buku ajar terintegrasi AR dilakukan

menggunakan pengukuran pemahaman konseptual mahasiswa calon guru. Tabel 5 menyajikan hasil pre-test dan post-test mahasiswa calon guru.

Tabel 5. Perbandingan skor pre-test dan post-test mahasiswa calon guru ($n = 40$)

Tes	Mean	SD	t	p-value
Pre-test	62,10	8,45		
Post-test	81,27	6,92	12,83	<0,001

Hasil uji t-test enunjukkan terdapat perbedaan signifikan antara skor pre-test dan post-test ($p < 0,001$), dengan rata-rata peningkatan sebesar 19,17 poin. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa buku ajar terintegrasi AR yang digunakan mampu memberikan dampak positif terhadap pemahaman konseptual mahasiswa pada Konsep Dasar Matematika.

Analisis Peningkatan Berdasarkan Level Pemahaman

Berdasarkan klasifikasi hasil tes, distribusi level pemahaman mahasiswa sebelum dan sesudah pembelajaran adalah sebagai berikut (lihat Tabel 6).

Tabel 6. Distribusi level pemahaman konseptual mahasiswa calon guru

Level Pemahaman	Pre-test (%)	Post-test (%)
Level 0: Tidak memahami konsep	10	0
Level 1: Melakukan kesalahan fatal akibat kurangnya pemahaman konsep	43	13
Level 2: Ada pemahaman konsep tetapi kesulitan representasi	37	47
Level 3: Jawaban benar, model/ simbol akuran, dan mampu menjelaskan prosedur yang digunakan	10	40
Level 4: Model/ simbol efektif, interpretasi tepat, penjelasan logis dan lengkap	0	0

Peningkatan proporsi mahasiswa pada Level 3 (dari 10% menjadi 40%) menunjukkan bahwa penggunaan buku ajar terintegrasi AR efektif dalam

memfasilitasi pemahaman konseptual mahasiswa calon guru pada Konsep Dasar Matematika.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i4.11600>

Respon Mahasiswa Calon Guru terhadap Pembelajaran

Respon mahasiswa diperoleh melalui angket dan wawancara. Secara umum, 86% mahasiswa menyatakan bahwa penggunaan buku ajar terintegrasi AR membantu mereka memahami konsep dasar matematika lebih baik. Sebagian mahasiswa menekankan bahwa berbagai representasi yang ditampilkan memudahkan mereka dalam memahami konsep. Hal ini sejalan dengan temuan Larasati dan Widyasari (2021) serta Umam et al. (2024) bahwa pembelajaran menggunakan AR dapat mengubah suasana pembelajaran menjadi lebih aktif, menyenangkan, dan pembelajaran berpusat pada siswa, serta dapat meningkatkan kemampuan pemahaman matematis siswa.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi Augmented Reality (AR) dalam buku ajar matematika efektif meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa calon guru SD. Peningkatan skor rata-rata dari 62,10 menjadi 81,27 serta pergeseran level pemahaman dari 10% menjadi 40% pada Level 3 mengindikasikan bahwa AR mampu menjembatani kesenjangan antara pemahaman prosedural dan konseptual. Hal ini terjadi karena AR memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan memungkinkan mahasiswa memvisualisasikan keterkaitan antara bentuk simbolis dan representasi visual, misalnya hubungan antara persamaan kuadrat dan grafik parabola.

Faktor utama yang menyebabkan hasil ini adalah kemampuan AR dalam menghadirkan representasi multipel yang fleksibel, sehingga mahasiswa tidak hanya menghafal prosedur tetapi juga memahami makna konseptual di baliknya. Visualisasi 3D dan fitur manipulasi objek memberi kesempatan

bagi mahasiswa untuk mengeksplorasi perubahan parameter secara mandiri. Selain itu, respon positif mahasiswa (86%) menunjukkan bahwa aspek motivasi dan keterlibatan belajar turut berperan dalam memperkuat pemahaman konseptual mereka.

Dari sisi kelebihan, buku ajar terintegrasi AR terbukti valid secara substansi (skor 4,2 kategori sangat valid) dan praktis digunakan dalam perkuliahan reguler. Namun, penelitian ini juga memiliki keterbatasan: pertama, mahasiswa belum mencapai level tertinggi pemahaman konseptual, kemungkinan karena intervensi yang relatif singkat (empat pertemuan). Kedua, penggunaan AR masih bergantung pada perangkat tertentu, sehingga kendala teknis muncul terutama bagi mahasiswa dengan gawai beresolusi rendah.

Temuan penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Larasati dan Widyasari (2021) yang menyatakan bahwa AR mampu menghubungkan representasi simbolis dan visual, serta sejalan dengan Umam et al. (2024) yang menekankan kontribusi AR dalam memperkuat keterkaitan antara konsep, representasi, dan prosedur. Hasil ini juga mendukung temuan Bujak et al. (2013) yang menekankan pentingnya pembelajaran multi-representasi. Namun, penelitian ini memperluas temuan sebelumnya dengan menunjukkan bukti empiris peningkatan level pemahaman konseptual mahasiswa calon guru, bukan hanya motivasi belajar.

Implikasi dari penelitian ini adalah bahwa integrasi AR dalam buku ajar dapat menjadi solusi strategis untuk mengatasi kesulitan visualisasi konsep abstrak, memperkuat keterhubungan antar representasi, dan mendorong keterlibatan aktif mahasiswa dalam

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i4.11600>

pembelajaran. Ke depan, penelitian lanjutan perlu memperpanjang durasi intervensi dan mengkombinasikan AR dengan pendekatan kolaboratif agar capaian pemahaman konseptual dapat mencapai level tertinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pengembangan buku ajar terintegrasi AR pada mata kuliah Konsep Dasar Matematika SD melalui model ADDIE menghasilkan buku ajar yang efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual mahasiswa calon guru. Hasil validasi ahli menunjukkan skor rata-rata 4,2 (kategori sangat valid), terutama pada aspek kelayakan isi dan kesesuaian integrasi AR. Implementasi di kelas menunjukkan peningkatan signifikan skor pemahaman konseptual dari 62,10 menjadi 81,27 ($p < 0,001$), disertai pergeseran positif distribusi level pemahaman, khususnya peningkatan Level 3 dari 10% menjadi 40%. Respon positif mahasiswa (86%) mengindikasikan bahwa visualisasi interaktif yang disediakan AR membantu memperkuat keterkaitan antara konsep, representasi, dan prosedur matematika.

Berdasarkan hasil tersebut, buku ajar terintegrasi AR direkomendasikan untuk digunakan secara luas pada pembelajaran matematika dasar di program pendidikan guru, dengan perbaikan pada panduan penggunaan agar lebih ringkas dan mudah dipahami, serta optimalisasi kualitas visualisasi 3D untuk perangkat beresolusi rendah. Penelitian lanjutan dapat memperpanjang durasi pembelajaran, memadukan AR dengan strategi kolaboratif, dan menguji efektivitasnya pada topik matematika lain atau di konteks pendidikan berbeda untuk mendorong pencapaian pemahaman konseptual tingkat tertinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguilar, J., & Telese, J. A. (2018). Mathematics Understanding of Elementary Pre-Service Teachers: The Analysis of their Procedural-Fluency, Conceptual-Understanding, and Problem-Solving Strategies. *Mathematics Teaching Research Journal*, 10(3), 24–37. https://scholarworks.utrgv.edu/tl_fac/27/
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 4(August), 355–385. <https://www.cs.unc.edu/~azuma/APresence.pdf>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented Reality for STEM Learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Brinus, K. S. W., Makur, A. P., & Nendi, F. (2019). Pengaruh Model Pembelajaran Kontekstual terhadap Pemahaman Konsep Matematika Siswa SMP. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 8(2), 261–272. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v8i2.558>
- Bujak, K. R., Radu, I., Catrambone, R., MacIntyre, B., Zheng, R., & Golubski, G. (2013). A psychological perspective on augmented reality in the mathematics classroom. *Computers & Education*, 68, 536–544. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.017>
- Cai, J., & Ding, M. (2017). On Mathematical Understanding:

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i4.11600>

- Perspectives of Experienced Chinese Mathematics Teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 20(1), 5–29. <https://doi.org/10.1007/s10857-015-9325-8>
- Cai, S., Liu, E., Shen, Y., & Liu, C. (2020). Probability Learning in Mathematics Using Augmented Reality: Impact on Students' Learning Gains and Attitudes. *In Cross Reality (XR) and Immersive Learning Environments (ILEs) in Education*, 28(5), 560–573. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1696839>
- Dianti, P. C., & Deskoni. (2023). Urgensi Pengembangan Buku Ajar Media Pembelajaran Kreatif dan Inovatif di Perguruan Tinggi. *Bhineka Tunggal Ika; Kajian Teori Dan Praktik Pendidikan PKN*, 10(2), 277–283. <https://doi.org/https://doi.org/10.36706/jbti.v10i2.22537>
- Chinnappan, M., & Forrester, T. (2014). Generating Procedural and Conceptual Knowledge of Fractions by Pre-Service Teachers. *Mathematics Education Research Journal*, 26(4), 871–896. <https://doi.org/10.1007/s13394-014-0131-x>
- Engelbrecht, J., Llinares, S., & Borba, C. M. (2020). Transformation of the Mathematics Classroom with the Internet. *ZDM Mathematics Education*, 52, 825–841. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11858-020-01176-4>
- Hayati, R., & Asmara, D. N. (2021). Analisis Pemahaman Konsep Matematis Mahasiswa PGSD pada Mata Kuliah Konsep Dasar Matematika. *Jurnal Basicedu*, 5(5), 524–532. <https://doi.org/https://doi.org/10.31004/basicedu.v5i5.976>
- Kaya, E. (2013). Argumentation Practices in Classroom: Pre-service Teachers' Conceptual Understanding of Chemical Equilibrium. *International Journal of Science Education*, 35(7), 1139–1158. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09500693.2013.770935>
- Larasati, N. I., & Widyasari, N. (2021). Penerapan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Terhadap Peningkatan Pemahaman Matematis Siswa di Tinjau dari Gaya Belajar. *FIBONACCI: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 7(1), 45–50. <https://doi.org/https://doi.org/10.24853/fbc.7.1.45-50>
- Mardia, A., & Zulyanty, M. (2024). Buku Ajar Media Pembelajaran Matematika untuk Jenjang Sekolah Menengah. *Math Didactic Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(2), 267–278. <https://doi.org/10.33654/h9bnsf23>
- NCTM. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. NCTM.
- Mayasari, D., & Habeahan, N. L. S. (2021). The Ability of Students' Conceptual Understanding in Completing Story Problems on Mathematics. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 0(0). <https://doi.org/10.26418/jpmipa.v12i2.43354>
- Rismawati, M., & Hutagaol, A. S. R. (2018). Analisis Kemampuan Pemahaman Konsep Matematika Mahasiswa PGSD STKIP Persada Khatulistiwa Sintang. *Jurnal Pendidikan Dasar Perkhasa*, 4(32), 1–44.

DOI: <https://doi.org/10.24127/ajpm.v14i4.11600>

<https://doi.org/10.31932/jpdp.v4i1.17>

<https://doi.org/10.35438/inomatika.v6i1.443>

- Rohaeti, E. E., Evans, B. R., Wiyanto, T., Prahmana, R. C. I., & Hidayat, W. (2023). Differential Learning Assisted with SANTUY Mobile Application for Improving Students' Mathematical Understanding and Ability. *Journal on Mathematics Education*, 14(2), 275–292. <https://doi.org/https://doi.org/10.2342/jme.v14i2.pp275-292>
- Runalls, C., & Hong, D. S. (2020). Well, they Understand the Concept of area": Pre-Service Teachers' Responses to Student Area Misconceptions. *Mathematics Education Research Journal*, 32(4), 629–651. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13394-019-00274-1>
- Spatioti, A. G. ., Kazanidis, I., & Pange, J. (2022). A Comparative Study of the ADDIE Instructional Design Model in Distance Education. *Information (Switzerland)*, 13(9), 402. <https://doi.org/10.3390/info13090402>
- Umam, K., Fatayan, A., Nuriadin, I., & Azhar, E. (2024). Apakah Augmented Reality dapat Menstimulus Pemahaman Konsep dan Visualisasi Geometri Siswa. *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, 13(2), 720–729. <https://doi.org/https://doi.org/10.24127/ajpm.v13i2.8784>
- Sari, F., Zulkardi, Z., Putri, R. I. I., & Susanti, E. (2024). Ratio Material Learning Design Using the Context of Cooking Rice to Help Elementary Students Understand Concepts. *Jurnal Inovasi Matematika*, 6(1), 54–66.