

Pengembangan Model Pembelajaran Matematika Berbasis Augmented Reality untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Kesiapan Mengajar Mahasiswa PGSD

Received:
02/05/2026

Accepted:
27/06/2026

Published:
30/06/2026

¹Nisak Ruwah Ibnatur Husnul, ²Weni Gurita Aedi, ³Muhammad Ikhwan Bayu Handono

Universitas Pamulang, Indonesia

¹dosen01267@unpam.ac.id *Corresponding author

²dosen01906@unpam.ac.id

³dosen03163@unpam.ac.id

How to cite :

Husnul, N. R. I., Aedi, W. G., & Handono, M. I. B. (2026). Pengembangan Model Pembelajaran Matematika Berbasis Augmented Reality untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep dan Kesiapan Mengajar Mahasiswa PGSD. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dasar Indonesia*, 5(2), 372-383. <https://doi.org/10.51574/judikdas.v5i2.5849>

Abstract

This study addresses the need for innovative mathematics learning that can strengthen prospective elementary school teachers' conceptual understanding and teaching readiness. This study aimed to develop an Augmented Reality (AR)-based mathematics learning model to enhance conceptual understanding and teaching readiness among students of the Elementary Teacher Education Program at Universitas Pamulang (UNPAM). The study employed a Research and Development (R&D) approach using the ADDIE model, consisting of Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. The participants were students of the Elementary Teacher Education Program at UNPAM, with experts in mathematics education, instructional design, and educational technology involved as validators. Data were collected through expert validation sheets, student response questionnaires, conceptual understanding tests, and teaching readiness assessments. Quantitative data were analyzed using descriptive statistics, percentages, and pretest-posttest comparisons, while qualitative feedback was used to refine the developed model. The results indicated that the AR-based mathematics learning model was feasible for supporting mathematics learning and provided opportunities for students to visualize, explore, and interact with mathematical concepts. Its implementation also demonstrated potential to improve students' conceptual understanding and teaching readiness. The study recommends integrating AR into mathematics teacher education as an innovative approach to connect conceptual mathematical learning with technology-supported teaching preparation.

Keywords: Augmented Reality, Mathematics Learning, Conceptual Understanding, Teaching Readiness, Elementary Teacher Education

Abstrak

Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kebutuhan akan pembelajaran matematika inovatif yang mampu memperkuat pemahaman konsep dan kesiapan calon guru sekolah dasar dalam mengajarkan matematika. Penelitian ini bertujuan mengembangkan model pembelajaran matematika berbasis Augmented Reality (AR) untuk meningkatkan pemahaman konsep dan kesiapan mengajar mahasiswa Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD) Universitas Pamulang (UNPAM). Penelitian menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Partisipan

penelitian adalah mahasiswa PGSD UNPAM dengan melibatkan ahli pendidikan matematika, desain pembelajaran, dan teknologi pendidikan sebagai validator. Data dikumpulkan melalui lembar validasi ahli, angket respons mahasiswa, tes pemahaman konsep, dan asesmen kesiapan mengajar. Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif, persentase, dan perbandingan skor pretest-posttest, sedangkan data kualitatif digunakan sebagai dasar penyempurnaan model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran matematika berbasis AR layak digunakan untuk mendukung pembelajaran matematika serta memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk memvisualisasikan, mengeksplorasi, dan berinteraksi dengan konsep matematika. Implementasi model juga menunjukkan potensi dalam meningkatkan pemahaman konsep dan kesiapan mengajar mahasiswa. Penelitian ini merekomendasikan integrasi AR dalam pendidikan calon guru sebagai pendekatan inovatif untuk menghubungkan pemahaman konsep matematika dengan kesiapan mengajar berbasis teknologi.

Kata Kunci: Augmented Reality, Pembelajaran Matematika, Pemahaman Konsep, Kesiapan Mengajar, PGSD

Pendahuluan

Pembelajaran matematika pada pendidikan calon guru sekolah dasar memiliki posisi strategis karena mahasiswa PGSD tidak hanya dituntut memahami konsep matematika, tetapi juga mampu merepresentasikan dan menjelaskan konsep tersebut kepada peserta didik secara bermakna. Pemahaman konseptual menjadi dasar penting dalam pembelajaran matematika karena memungkinkan calon guru menghubungkan berbagai representasi, menjelaskan hubungan antarkonsep, dan memilih strategi pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik peserta didik (Cahyati et al., 2025; Fajria Septiani, 2024). Perkembangan teknologi pendidikan kemudian memberikan peluang untuk memperkaya proses tersebut melalui lingkungan belajar yang lebih visual, interaktif, dan kontekstual (Haleem et al., 2022; Ibrahim et al., 2026). Dalam pembelajaran matematika, penggunaan teknologi terbukti memberikan dampak positif terhadap pencapaian belajar, meskipun efektivitasnya sangat bergantung pada bagaimana teknologi tersebut dirancang dan diintegrasikan ke dalam aktivitas pembelajaran (Rakes et al., 2020; Young, 2017). Oleh karena itu, pendidikan calon guru perlu mengembangkan pembelajaran matematika yang tidak hanya berorientasi pada penguasaan materi, tetapi juga membangun pengalaman belajar yang memungkinkan mahasiswa memahami konsep melalui pemanfaatan teknologi secara pedagogis.

Salah satu teknologi yang semakin berkembang dalam pendidikan adalah Augmented Reality (AR) yang memungkinkan objek virtual ditampilkan dan diinteraksikan dalam lingkungan nyata. Karakteristik tersebut memberikan peluang untuk menghadirkan objek dan konsep abstrak menjadi representasi visual yang dapat diamati, dieksplorasi, dan dimanipulasi oleh peserta didik (Azuma, 1997; Bacca et al., 2014). Berbagai kajian menunjukkan bahwa AR memiliki sejumlah keunggulan dalam pembelajaran, antara lain meningkatkan interaktivitas, pengalaman belajar, visualisasi, dan keterlibatan peserta didik, meskipun terdapat pula tantangan berupa aspek teknis, usability, dan desain pembelajaran (Akçayır & Akçayır, 2017; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018). Meta-analisis menunjukkan bahwa AR memberikan efek sedang terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik (Garzón & Acevedo, 2019), sedangkan kajian lanjutan menunjukkan bahwa pendekatan pedagogis yang digunakan dalam implementasi AR turut menentukan efektivitas pembelajaran (Garzón et al., 2020). Temuan tersebut memperlihatkan bahwa kekuatan AR tidak semata-mata terletak pada teknologi, tetapi pada kemampuan

mengintegrasikan karakteristik teknologi dengan tujuan dan aktivitas pembelajaran.

Potensi tersebut menjadi semakin relevan dalam pembelajaran matematika karena banyak konsep matematika bersifat abstrak dan membutuhkan kemampuan visualisasi serta representasi yang beragam. Kajian sistematis mengenai AR dalam pembelajaran matematika menunjukkan bahwa penelitian terdahulu secara umum melaporkan hasil positif, khususnya dalam aspek visualisasi, interaksi, pemahaman konsep, dan pengalaman belajar matematika (Ahmad & Junaini, 2020; Bulut & Ferri, 2023). Kajian AR untuk pembelajaran STEM juga menunjukkan bahwa sebagian aplikasi AR telah memungkinkan peserta didik tidak hanya menerima informasi, tetapi mengeksplorasi objek digital dan membangun pengetahuan melalui interaksi dengan lingkungan belajar (Ibáñez et al., 2020; Ibrahim S et al., 2026). Secara empiris, penggunaan AR dalam pembelajaran geometri dilaporkan dapat meningkatkan pencapaian akademik dan memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif (Ibáñez et al., 2020; Kustiarini et al., 2025). Penelitian yang lebih baru juga menunjukkan bahwa AR dapat memberikan dukungan terhadap kemampuan berpikir geometri dan visualisasi objek matematika (Çetintav & Yilmaz, 2023; Lie, 2008).

Meskipun penelitian mengenai AR dalam pendidikan matematika terus berkembang, sebagian besar studi masih menempatkan peserta didik sekolah sebagai pengguna utama, sedangkan pengembangan AR untuk mempersiapkan calon guru matematika masih relatif terbatas. Tinjauan sistematis Bulut & Ferri (2023) menunjukkan bahwa penelitian AR dalam matematika telah berkembang dalam berbagai konteks, tetapi masih terdapat ruang untuk memperluas kajian pada konteks pendidikan guru. Kerangka Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) menegaskan bahwa penggunaan teknologi yang efektif membutuhkan keterpaduan antara pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten (Koehler et al., 2013), sementara instrumen TPACK untuk calon guru juga menunjukkan pentingnya pengembangan kompetensi teknologi sejak pendidikan prajabatan (Engin et al., 2023). Kajian sistematis terhadap penelitian TPACK dalam pendidikan matematika menunjukkan bahwa calon guru masih menghadapi berbagai hambatan dalam mengintegrasikan teknologi, seperti keterbatasan kepercayaan diri, pengalaman, sumber daya, dan dukungan institusional (Kholid et al., 2023).

Kebutuhan tersebut semakin penting dalam konteks mahasiswa Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD) karena mereka dipersiapkan untuk mengajarkan konsep matematika kepada peserta didik sekolah dasar. Kajian sistematis mengenai TPACK pada pendidikan matematika sekolah dasar menunjukkan bahwa penelitian sebelumnya banyak berfokus pada desain pembelajaran, integrasi teknologi, asesmen, pelatihan, dan pengembangan profesional guru, sementara pengembangan program yang secara sistematis mempersiapkan calon guru untuk mengintegrasikan teknologi masih menjadi ruang penelitian yang penting (Mansori et al., 2024). Kajian mengenai asesmen TPACK dalam pendidikan matematika juga menunjukkan bahwa integrasi teknologi perlu dipahami dalam kaitannya dengan pengetahuan konten dan praktik pedagogis, bukan hanya kemampuan teknis (Kadluba et al., 2025). Dengan demikian, terdapat kebutuhan untuk menggeser penggunaan AR dari sekadar media pembelajaran matematika menjadi bagian dari pengalaman pembelajaran calon guru yang mengintegrasikan penguasaan konsep dan kesiapan untuk mengajarkannya. Posisi ini penting karena calon guru yang memiliki pengalaman menggunakan teknologi secara pedagogis selama pendidikan prajabatan akan memiliki landasan yang lebih kuat untuk mengintegrasikan teknologi dalam praktik pembelajaran di sekolah (Kholid et al., 2023; Schmidt et al., 2009).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan berupa pengembangan model pembelajaran matematika berbasis Augmented Reality yang secara terpadu diarahkan untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika dan kesiapan mengajar mahasiswa PGSD. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang lebih banyak menguji AR sebagai media atau intervensi untuk meningkatkan hasil belajar, motivasi, kemampuan spasial, atau pemahaman geometri peserta didik (Çetintav & Yilmaz, 2023; Garzón & Acevedo, 2019), penelitian ini menempatkan mahasiswa calon guru sebagai subjek yang belajar matematika sekaligus dipersiapkan untuk mengajarkan matematika dengan memanfaatkan teknologi. Model yang dikembangkan mengintegrasikan aktivitas visualisasi, eksplorasi, interaksi, pemahaman konsep, dan pengalaman mengajar berbasis Augmented Reality (AR) sehingga hubungan antara *learning mathematics* dan *learning to teach mathematics* menjadi bagian dari satu pengalaman pembelajaran. Integrasi tersebut selaras dengan kerangka Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), yang dalam model ini diwujudkan melalui keterpaduan pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten matematika.

Penggunaan AR untuk memvisualisasikan dan mengeksplorasi objek matematika merepresentasikan *Technological Knowledge* (TK), sedangkan pemanfaatan AR sebagai sarana untuk merancang aktivitas eksploratif dan interaktif merepresentasikan *Technological Pedagogical Knowledge* (TPK). Pemahaman terhadap konsep dan representasi matematika yang menjadi fokus aktivitas pembelajaran merepresentasikan *Content Knowledge* (CK), sementara perancangan dan simulasi pengalaman mengajar merepresentasikan *Pedagogical Knowledge* (PK) dan *Pedagogical Content Knowledge* (PCK). Ketika mahasiswa mengintegrasikan teknologi AR dengan strategi pedagogis untuk merepresentasikan dan mengajarkan konsep matematika kepada siswa, proses tersebut mencerminkan penerapan TPACK secara terpadu. Dengan demikian, novelty penelitian tidak hanya terletak pada penggunaan teknologi AR, tetapi pada pengembangan model pembelajaran yang mengintegrasikan AR, pemahaman konsep matematika, dan kesiapan mengajar dalam pendidikan calon guru SD. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan, memvalidasi, dan menguji efektivitas model pembelajaran matematika berbasis Augmented Reality dalam meningkatkan pemahaman konsep dan kesiapan mengajar mahasiswa PGSD Universitas Pamulang (UNPAM).

Metode Penelitian

Desain dan Subjek Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi *Analysis*, *Design*, *Development*, *Implementation*, dan *Evaluation*. Produk yang dikembangkan berupa model pembelajaran matematika berbasis *Augmented Reality* (AR) pada mata kuliah geometri dengan topik bangun ruang untuk mendukung pemahaman konsep dan kesiapan mengajar calon guru sekolah dasar. Subjek penelitian terdiri atas 30 mahasiswa Program Studi Pendidikan Guru Sekolah Dasar (PGSD) Universitas Pamulang (UNPAM) yang mengikuti mata kuliah Geometri pada semester III. Penelitian dilaksanakan pada April–Juni 2026.

Prosedur Pengembangan

Pada tahap *Analysis*, dilakukan identifikasi kebutuhan mahasiswa, karakteristik materi geometri bangun ruang, dan kesulitan dalam memvisualisasikan objek tiga dimensi. Tahap *Design* mencakup perancangan sintaks model, aktivitas eksplorasi berbasis AR,

perangkat pembelajaran, dan instrumen penelitian. Tahap *Development* dilakukan melalui pengembangan prototipe dan validasi oleh 3 validator ahli pada aspek materi, pedagogi, dan teknologi/media. Tahap *Implementation* dilakukan melalui pembelajaran berbasis AR yang meliputi visualisasi, eksplorasi, interaksi dengan objek bangun ruang, diskusi konsep, dan simulasi mengajar. Tahap *Evaluation* dilakukan melalui evaluasi formatif selama pengembangan dan evaluasi hasil implementasi.

Instrumen dan Pengumpulan Data

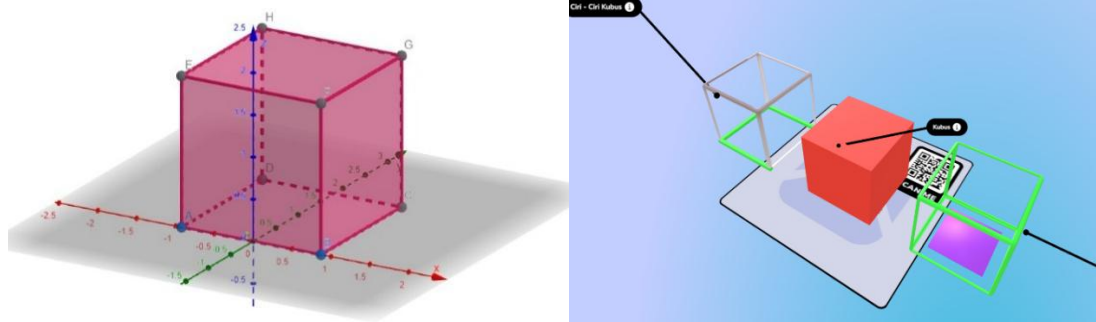
Data dikumpulkan menggunakan lembar validasi ahli, angket respons mahasiswa, tes pemahaman konsep, dan asesmen kesiapan mengajar. Tes pemahaman konsep mengukur kemampuan mahasiswa dalam menjelaskan, mengidentifikasi unsur dan karakteristik, menghubungkan representasi, dan menerapkan konsep geometri bangun ruang. Asesmen kesiapan mengajar mencakup kemampuan merencanakan pembelajaran, menjelaskan konsep, memilih dan menggunakan media/teknologi, memilih strategi pembelajaran, serta melaksanakan atau mensimulasikan pembelajaran. Instrumen ditelaah dan divalidasi oleh ahli sebelum digunakan.

Teknik Analisis Data

Data validasi dan respons mahasiswa dianalisis secara deskriptif menggunakan persentase dan rata-rata untuk menentukan tingkat kelayakan dan kepraktisan model. Peningkatan pemahaman konsep dan kesiapan mengajar dianalisis menggunakan N-Gain berdasarkan skor *pretest* dan *posttest*. Untuk menguji signifikansi perubahan skor, dilakukan uji normalitas terhadap selisih skor; data yang berdistribusi normal dianalisis menggunakan *paired sample t-test* dengan taraf signifikan > 0.05 . Masukan validator digunakan sebagai dasar revisi model, terutama pada kejelasan visualisasi bangun ruang, instruksi aktivitas AR, keterkaitan aktivitas dengan konsep matematika, dan panduan simulasi mengajar.

Hasil

Hasil penelitian menghasilkan model pembelajaran matematika berbasis *Augmented Reality* (AR) untuk mahasiswa PGSD Universitas Pamulang (UNPAM) pada materi geometri bangun ruang. Model dikembangkan melalui lima tahap ADDIE, yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation*. Produk akhir terdiri atas sintaks pembelajaran, materi geometri bangun ruang berbasis AR, aktivitas visualisasi dan eksplorasi objek tiga dimensi, serta instrumen evaluasi pemahaman konsep dan kesiapan mengajar.



Gambar 1 Produk Model Berbasis Augmented Reality

Hasil Validasi Model

Validasi model pembelajaran matematika berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi geometri bangun ruang dilakukan oleh tiga validator ahli, yang terdiri atas ahli pendidikan matematika, ahli desain pembelajaran, dan ahli teknologi pendidikan. Validasi mencakup tiga aspek, yaitu materi, desain/pedagogi pembelajaran, dan teknologi/media. Hasil penilaian validator disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Validasi Model Pembelajaran Matematika Berbasis Augmented Reality

Aspek yang Dinilai	Ahli Pendidikan Matematika	Ahli Desain Pembelajaran	Ahli Teknologi Pendidikan	Rata-rata	Persentase	Kategori
Materi	4,60	4,50	4,70	4,60	92,00%	Sangat Layak
Desain/Pedagogi Pembelajaran	4,50	4,60	4,40	4,50	90,00%	Sangat Layak
Teknologi/Media	4,70	4,50	4,50	4,57	91,33%	Sangat Layak
Rata-rata	4,60	4,53	4,53	4,55	91,00%	Sangat Layak

Berdasarkan Tabel 1, model memperoleh rata-rata keseluruhan sebesar 4,55 dengan persentase kelayakan 91,00%, sehingga termasuk kategori sangat layak. Penilaian menunjukkan bahwa materi geometri bangun ruang, rancangan pedagogis, dan penggunaan teknologi AR telah memenuhi kriteria kelayakan untuk diterapkan dalam pembelajaran mahasiswa PGSD. Standar deviasi sebesar 0,38 menunjukkan variasi skor penilaian antarvalidator dan digunakan untuk menggambarkan tingkat konsistensi penilaian terhadap model yang dikembangkan.

Hasil Pemahaman Konsep dan Kesiapan Mengajar

Implementasi model pada mahasiswa PGSD UNPAM menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep dan kesiapan mengajar setelah pembelajaran berbasis AR. Pemahaman konsep meningkat dari $58,67 \pm 8,21$ pada *pretest* menjadi $82,33 \pm 7,15$ pada *posttest*, dengan nilai N-gain sebesar 0,57 pada kategori sedang. Kesiapan mengajar meningkat dari $61,25 \pm 7,84$ menjadi $84,17 \pm 6,52$, dengan nilai N-gain sebesar 0,59 pada kategori sedang.

Tabel 2 Hasil Pretest dan Posttest

Variabel	Pretest (Mean $\pm$ SD)	Posttest (Mean $\pm$ SD)	N-gain	Kategori
Pemahaman Konsep	$58,67 \pm 8,21$	$82,33 \pm 7,15$	0,57	Sedang
Kesiapan Mengajar	$61,25 \pm 7,84$	$84,17 \pm 6,52$	0,59	Sedang

Hasil Respons Mahasiswa

Respons mahasiswa terhadap model pembelajaran berbasis AR menunjukkan tingkat penerimaan yang sangat baik. Aspek kemudahan penggunaan memperoleh

persentase 89,17%, keterlibatan pembelajaran 91,25%, visualisasi konsep 92,08%, dan manfaat pembelajaran 90,83%. Secara keseluruhan, respons mahasiswa mencapai 90,83% dan berada pada kategori sangat baik.

Tabel 3 Respons Mahasiswa terhadap Model Pembelajaran

Aspek	Persentase	Kategori
Kemudahan penggunaan	89,17%	Sangat Baik
Keterlibatan pembelajaran	91,25%	Sangat Baik
Visualisasi konsep	92,08%	Sangat Baik
Manfaat pembelajaran	90,83%	Sangat Baik
Keseluruhan	90,83%	Sangat Baik

Diskusi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model pembelajaran matematika berbasis Augmented Reality (AR) yang dikembangkan memperoleh tingkat kelayakan yang sangat tinggi dengan persentase 91,00%, sehingga dapat digunakan dalam pembelajaran matematika mahasiswa PGSD Universitas Pamulang. Temuan ini memperkuat hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa AR memiliki potensi kuat untuk mendukung pembelajaran karena mampu menyediakan representasi visual, interaktif, dan kontekstual terhadap objek pembelajaran yang abstrak ([Ibrahim et al., 2026](#)). Kajian sistematis terbaru yang menganalisis 96 artikel mengenai AR dalam pendidikan matematika juga menunjukkan bahwa penelitian AR terus berkembang dan banyak digunakan untuk meningkatkan kualitas pengalaman belajar matematika ([İslim et al., 2024](#)). Temuan tersebut sejalan dengan hasil meta-analisis yang menunjukkan bahwa AR memberikan pengaruh positif terhadap berbagai capaian pembelajaran, meskipun dampaknya dipengaruhi oleh fungsi instruksional dan desain pembelajaran yang digunakan ([Chang et al., 2022](#); [Lin, 2023](#)). Dengan demikian, tingginya kelayakan model dalam penelitian ini tidak hanya menunjukkan keberterimaan produk, tetapi juga mengindikasikan bahwa AR dapat diimplementasikan secara pedagogis dalam konteks pendidikan calon guru.

Peningkatan pemahaman konsep mahasiswa dari $58,67 \pm 8,21$ menjadi $82,33 \pm 7,15$, dengan nilai N-gain sebesar 0,57, menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mampu memberikan pengalaman belajar yang mendukung pemahaman konsep matematika. Hasil tersebut sejalan dengan temuan penelitian yang menunjukkan bahwa AR dapat membantu peserta didik memahami konsep matematika melalui visualisasi dan manipulasi objek yang lebih konkret ([Mishra & Koehler, 2006](#)). Penelitian mengenai AR dalam pembelajaran matematika juga menunjukkan bahwa teknologi tersebut memiliki potensi untuk mendukung pemahaman matematis melalui pengalaman visual dan interaktif, terutama pada materi yang membutuhkan representasi spasial ([Yang et al., 2023](#)). Temuan serupa diperlihatkan oleh penelitian pengembangan AR untuk literasi matematika yang menunjukkan bahwa visualisasi konsep kompleks melalui AR dapat membantu peserta didik menghubungkan konsep matematika dengan konteks yang lebih bermakna ([Muhaimin et al., 2025](#)). Dengan demikian, peningkatan pemahaman konsep dalam penelitian ini memperkuat bukti bahwa nilai tambah AR bukan sekadar menghadirkan teknologi baru, tetapi menyediakan representational affordance yang memungkinkan mahasiswa melihat dan mengeksplorasi konsep matematika melalui pengalaman belajar yang lebih konkret.

Selain pemahaman konsep, penelitian ini menemukan peningkatan kesiapan

mengajar mahasiswa dari $61,25 \pm 7,84$ menjadi $84,17 \pm 6,52$, dengan N-gain sebesar 0,59. Temuan ini menjadi aspek penting karena penelitian AR sebelumnya lebih banyak menempatkan peserta didik sebagai pengguna teknologi dan mengukur hasil belajar, motivasi, atau keterampilan, sementara kesiapan calon guru untuk menggunakan teknologi dalam praktik pembelajaran belum banyak menjadi fokus utama. Kajian mengenai pendidikan calon guru matematika menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi teknologi sangat dipengaruhi oleh kemampuan calon guru dalam menghubungkan pengetahuan matematika, pedagogi, dan teknologi (Dockendorff & Zaccarelli, 2025). Penelitian terhadap calon guru matematika juga menunjukkan bahwa keputusan menggunakan teknologi dalam pembelajaran dipengaruhi oleh tujuan penggunaan teknologi, pemahaman terhadap matematika, pengalaman belajar, serta pemahaman terhadap cara berpikir peserta didik (Yang et al., 2025). Oleh karena itu, peningkatan kesiapan mengajar dalam penelitian ini menunjukkan bahwa AR dapat berfungsi lebih jauh sebagai lingkungan pembentukan pengalaman pedagogis, bukan hanya sebagai media untuk memahami materi matematika.

Hasil tersebut sekaligus memberikan perspektif baru terhadap penelitian mengenai integrasi teknologi dalam pendidikan matematika. Kajian TPACK menunjukkan bahwa penggunaan teknologi yang efektif tidak cukup hanya didukung oleh ketersediaan perangkat, tetapi membutuhkan pengembangan pengetahuan teknologi, pedagogi, dan konten secara terpadu (Kholid et al., 2023). Penelitian mengenai pengembangan TPACK calon guru matematika juga menunjukkan bahwa pengalaman pembelajaran yang dirancang secara sistematis dapat membantu calon guru mengembangkan kemampuan mengintegrasikan teknologi ke dalam pembelajaran matematika (Engin et al., 2023). Bahkan, kajian terbaru mengenai pengetahuan guru matematika dalam penggunaan teknologi menunjukkan bahwa penelitian masih banyak berfokus pada persepsi dan pengetahuan guru, sementara penelitian yang mengamati bagaimana pengetahuan tersebut diwujudkan dalam praktik pembelajaran masih relatif terbatas (Padilla-Escorcía et al., 2025). Dalam konteks tersebut, model yang dikembangkan dalam penelitian ini memberikan kontribusi dengan menghubungkan pengalaman belajar matematika berbasis AR dengan pengalaman pedagogis calon guru, sehingga pemahaman konsep dan kesiapan mengajar berkembang dalam satu proses pembelajaran.

Kebaruan penelitian ini dengan demikian terletak pada pergeseran fungsi AR dari sekadar teknologi pendukung pembelajaran menjadi komponen utama dalam model pembelajaran calon guru matematika. Penelitian terdahulu telah memberikan bukti bahwa AR efektif dalam meningkatkan hasil belajar dan pengalaman belajar, termasuk pada pendidikan tinggi, tetapi efektivitas tersebut sangat dipengaruhi oleh fungsi instruksional, desain aktivitas, dan konteks pedagogis (Chang et al., 2022; Li et al., 2025; Wang & Zhou, 2024). Kajian AR pada pendidikan tinggi bahkan menunjukkan efek keseluruhan yang besar, tetapi masih terdapat kebutuhan untuk memperjelas bagaimana AR dirancang agar benar-benar mendukung fungsi pembelajaran tertentu (Sümer & Vaněček, 2024). Penelitian ini mengisi ruang tersebut dengan menghasilkan model yang tidak hanya berorientasi pada “learning mathematics”, tetapi juga “learning to teach mathematics” melalui pengalaman AR. Dengan demikian, peningkatan pemahaman konsep dan kesiapan mengajar secara bersamaan menjadi kontribusi utama penelitian ini dan memperluas pemanfaatan AR dari konteks pembelajaran peserta didik menuju konteks pendidikan profesional calon guru SD.

Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan mengembangkan model pembelajaran matematika berbasis *Augmented Reality* (AR) pada materi geometri bangun ruang untuk meningkatkan pemahaman konsep dan kesiapan mengajar mahasiswa PGSD Universitas Pamulang (UNPAM). Model yang dikembangkan melalui tahapan ADDIE memperoleh kategori sangat layak berdasarkan validasi ahli dan memberikan pengalaman belajar yang lebih visual, interaktif, dan kontekstual. Implementasi model juga menunjukkan adanya peningkatan pemahaman konsep dan kesiapan mengajar mahasiswa. Temuan ini menunjukkan bahwa AR tidak hanya berfungsi sebagai media pendukung pembelajaran matematika, tetapi dapat diintegrasikan ke dalam model pembelajaran yang menghubungkan penguasaan konsep matematika dengan kesiapan calon guru dalam memanfaatkan teknologi untuk praktik mengajar.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, subjek penelitian terbatas pada mahasiswa PGSD di satu perguruan tinggi dengan cakupan implementasi yang terbatas sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan secara hati-hati. Kedua, penerapan model berbasis AR bergantung pada ketersediaan perangkat yang kompatibel, kestabilan aplikasi, serta kemampuan digital mahasiswa dan dosen dalam mengoperasikan teknologi tersebut. Kondisi perangkat dan kesiapan pengguna dapat memengaruhi kelancaran implementasi model di lingkungan institusi yang berbeda. Penelitian selanjutnya disarankan melibatkan sampel yang lebih besar dan beragam serta menggunakan desain eksperimen atau kuasi-eksperimen untuk memperoleh bukti efektivitas yang lebih kuat. Penelitian berikutnya juga perlu menguji penggunaan model pada berbagai kondisi perangkat dan tingkat kemampuan digital pengguna, serta mengkaji keberlanjutan pemanfaatan AR dan dampaknya terhadap kemampuan mengajar dan kompetensi pedagogik calon guru.

Referensi

- Ahmad, N. I. N., & Junaini, S. N. (2020). Augmented reality for learning mathematics: A systematic literature review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 15(16), 106–122. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i16.14961>
- Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, 20, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2016.11.002>
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133–149. <https://hdl.handle.net/20.500.12799/5029>
- Bulut, M., & Borromeo Ferri, R. (2023). A systematic literature review on augmented reality in mathematics education. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 11(3), 556–572. <https://doi.org/10.30935/scimath/13124>
- Cahyati, K., Sartika, N. S., & Yunitasari, I. (2025). Pengembangan bahan ajar transformasi geometri berbasis etnomatematika melalui alat musik tradisional degung Sunda untuk mendukung literasi matematis siswa SMK. *Jurnal Penelitian Pembelajaran Matematika Sekolah (JP2MS)*, 9(3), 341–351. <https://doi.org/10.33369/jp2ms.9.3.341-351>

- Çetintav, G., & Yılmaz, R. (2023). The effect of augmented reality technology on middle school students' mathematic academic achievement, self-regulated learning skills, and motivation. *Journal of Educational Computing Research*, 61(7), 1483–1504. <https://doi.org/10.1177/07356331231176022>
- Chang, H.-Y., Binali, T., Liang, J.-C., Chiou, G.-L., Cheng, K.-H., Lee, S. W.-Y., & Tsai, C.-C. (2022). Ten years of augmented reality in education: A meta-analysis of (quasi-)experimental studies to investigate the impact. *Computers & Education*, 191, Article 104641. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2022.104641>
- Dockendorff, M., & Gomez Zaccarelli, F. (2025). Successfully preparing future mathematics teachers for digital technology integration: A literature review. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 56(5), 948–979. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2024.2309273>
- Engin, R. A., Karakus, D., & Niess, M. L. (2023). TPACK development model for pre-service mathematics teachers. *Education and Information Technologies*, 28, 4769–4794. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11381-1>
- Fajria Septiani, P. Y. (2024). Pembelajaran dengan etnomatematika dalam meningkatkan pemahaman konsep matematika abstrak. *Inovasi Pendidikan*, 11(1), 59–64. <https://doi.org/10.31869/ip.v11i1.5649>
- Garzón, J., & Acevedo, J. (2019). Meta-analysis of the impact of augmented reality on students' learning gains. *Educational Research Review*, 27, 244–260. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.04.001>
- Garzón, J., Kinshuk, Baldiris, S., Gutiérrez, J., & Pavón, J. (2020). How do pedagogical approaches affect the impact of augmented reality on education? A meta-analysis and research synthesis. *Educational Research Review*, 31, Article 100334. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100334>
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A., & Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275–285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- Ibáñez, M. B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Ibáñez, M. B., Uriarte Portillo, A., Zatarain Cabada, R., & Barrón, M. L. (2020). Impact of augmented reality technology on academic achievement and motivation of students from public and private Mexican schools. *Computers & Education*, 145, Article 103734. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103734>
- Ibrahim, M. B. S., Pramono, S. E., Fakhruddin, F., & Subali, B. (2026). Design, development, and performance evaluation of an augmented reality-based hybrid pop-up media system for elementary ecosystem learning. *Journal of Educational Technology and Learning Creativity*, 4(1), 235–251. <https://doi.org/10.37251/jetlc.v4i1.3045>
- Ibrahim S, M. B., Pramono, S. E., Fakhruddin, & Subali, B. (2026). Enhancing elementary school students' visual-spatial intelligence through an augmented reality-based ecosystem pop-up book. *Multidisciplinary Science Journal*, 8(12), Article 2026797. <https://doi.org/10.31893/multiscience.2026797>
- İslim, Ö. F., Namlı, Ş., Sevim, N., Özçakır, B., & Lavicza, Z. (2024). Augmented reality in mathematics education: A systematic review. *Participatory Educational Research*, 11(4), 115–139. <https://doi.org/10.17275/per.24.52.11.4>
- Kadluba, A., Strohmaier, A., Schons, C., & Obersteiner, A. (2025). How much C is in TPACK? A systematic review on the assessment of TPACK in mathematics. *Educational*

- Studies in Mathematics.* Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s10649-024-10357-x>
- Kholid, M. N., Hendriyanto, A., Sahara, S., Pradana, L. N., & Lestari, F. P. (2023). A systematic literature review of Technological, Pedagogical and Content Knowledge (TPACK) in mathematics education: Future challenges for educational practice and research. *Cogent Education*, 10(2), Article 2269047. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2023.2269047>
- Koehler, M. J., Mishra, P., & Cain, W. (2013). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *Journal of Education*, 193(3), 13–19. <https://doi.org/10.1177/002205741319300303>
- Kustiarini, K., Alquriyah, Y., & Ibrahim S, M. B. (2025). Integration design thinking to develop empathy, collaboration, and environmental responsibility character in elementary school. *EDUKASIA: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 6(2), 789–802. <https://doi.org/10.62775/edukasia.v6i2.1601>
- Li, G., Luo, H., Chen, D., Wang, P., Yin, X., & Zhang, J. (2025). Augmented reality in higher education: A systematic review and meta-analysis of the literature from 2000 to 2023. *Education Sciences*, 15(6), Article 678. <https://doi.org/10.3390/educsci15060678>
- Lie, A. (2008). *Cooperative learning: Mempraktikkan cooperative learning di ruang-ruang kelas*. Grasindo.
- Lin, Y. (2023). A meta-analysis of the effects of augmented reality technologies in interactive learning environments (2012–2022). *Computer Applications in Engineering Education*, 31(4), 1111–1131. <https://doi.org/10.1002/cae.22628>
- Mansori, Kristiono, N., Supriaji, U., Ismaya, R., & Jamin, N. S. (2024). Transformasi pembelajaran era metaverse: Mengintegrasikan teknologi pembelajaran imersif dalam pendidikan modern. *INNOVATIVE: Journal of Social Science Research*, 4(4), 1–10.
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Muhaimin, L. H., Dasari, D., Hendriyanto, A., Andriatna, R., & Sahara, S. (2025). Can augmented reality enhance students' mathematical literacy? A study on technological development for learning practice. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 57(5), 909–943. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2025.2502398>
- Padilla-Escorcía, I. A., García-Rodríguez, M. L., & Aguilar-González, Á. (2025). Mathematics teachers' knowledge for teaching with digital technologies: A systematic review of studies from 2010 to 2025. *Education Sciences*, 15(12), Article 1598. <https://doi.org/10.3390/educsci15121598>
- Rakes, C. R., Ronau, R. N., Bush, S. B., Driskell, S. O., Niess, M. L., & Pugalee, D. K. (2020). Mathematics achievement and orientation: A systematic review and meta-analysis of education technology. *Educational Research Review*, 31, Article 100337. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100337>
- Schmidt, D. A., Baran, E., Thompson, A. D., Mishra, P., Koehler, M. J., & Shin, T. S. (2009). Technological pedagogical content knowledge (TPACK): The development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(2), 123–149. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782544>

- Sümer, M., & Vaněček, D. (2024). A systematic review of virtual and augmented realities in higher education: Trends and issues. *Teaching in Higher Education*, 29(3), 811–822. <https://doi.org/10.1080/14703297.2024.2382854>
- Wang, X., & Zhou, B. (2024). Motor development-focused exercise training enhances gross motor skills more effectively than ordinary physical activity in healthy preschool children: An updated meta-analysis. *Frontiers in Public Health*, 12, Article 1414152. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2024.1414152>
- Yang, K.-L., Cheng, Y.-H., Wang, T.-Y., & Chen, J.-C. (2023). Preservice mathematics teachers' reasoning about their instructional design for using technology to teach mathematics. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 26(2), 248–265. <https://doi.org/10.1080/1359866X.2023.2198116>
- Yang, Y., Du, W., Mavrikis, M., & Geraniou, E. (2025). Spatial skill development through augmented reality in mathematics education: A scoping review. *Digital Experiences in Mathematics Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s40751-025-00187-8>
- Young, J. (2017). Technology-enhanced mathematics instruction: A second-order meta-analysis of 30 years of research. *Educational Research Review*, 22, 19–33. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.07.001>