YASIN
Jurnal Pendidikan dan Sosial Budaya

p-ISSN: 2808-2346
e-ISSN: 2808-1854

Terindeks: SINTA 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Semantic, Garuda, Google, Base, etc.

https://doi.org/10.58578/yasin.v6i3.10421

PEMANFAATAN ARCORE GEOSPATIAL UNTUK SIMULASI BANJIR SEBAGAI MEDIA EDUKASI KEBENCANAAN

Utilization of ARCore Geospatial for Flood Simulation as a Disaster Education Medium

I Gede Dhananjaya, Kadek Yota Ernanda Aryanto, I Gede Partha Sindu
Universitas Pendidikan Ganesha
dhananjaya@student.undiksha.ac.id; yota.ernanda@undiksha.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Apr 20, 2026	May 18, 2026	May 30, 2026	Jun 4, 2026

Abstract

Although Augmented Reality (AR) technology has been widely applied in various educational contexts, studies that specifically integrate ARCore Geospatial technology for location-based flood simulation as a disaster education medium remain limited. This study aims to develop and evaluate an ARCore Geospatial-based flood simulation application as a disaster education medium. This study used a Research and Development (R&D) approach with the Multimedia Development Life Cycle (MDLC) model, involving 30 students selected using a convenience sampling technique. Data were collected through black-box testing, expert validation instruments, and the User Experience Questionnaire (UEQ), then analyzed using functional testing results, Gregory validity analysis, and descriptive UEQ analysis. The results show that all application features function according to the development objectives. The expert validation results show that the media and application design aspects received very high ratings, although several suggestions were provided to improve the content aspect. In addition, the UEQ results show a positive user experience across all evaluated dimensions, namely attractiveness, perspicuity, efficiency, dependability, stimulation, and novelty. These findings contribute to the

Yasin Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

development of disaster education media by demonstrating the potential of geospatial-based Augmented Reality in supporting contextual and interactive learning experiences. The conclusion of the study affirms that location-based flood simulation through ARCore Geospatial can support disaster education and increase flood mitigation awareness through contextual and interactive visualization. The implications of this study provide practical contributions for educational institutions and disaster stakeholders in developing educational strategies that are more engaging, innovative, and location-based. Future research is recommended to integrate real-time environmental data and expand the application implementation to broader geographical areas.

Keywords: ARCore Geospatial; Augmented Reality; Disaster Education; Flood Mitigation; Flood Simulation.

Abstrak: Meskipun teknologi *Augmented Reality* (AR) telah banyak diterapkan dalam berbagai konteks pendidikan, kajian yang secara khusus mengintegrasikan teknologi *ARCore Geospatial* untuk simulasi banjir berbasis lokasi sebagai media edukasi kebencanaan masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengevaluasi aplikasi simulasi banjir berbasis *ARCore Geospatial* sebagai media edukasi kebencanaan. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC), melibatkan 30 mahasiswa yang dipilih menggunakan teknik *convenience sampling*. Data dikumpulkan melalui pengujian *black box*, instrumen validasi ahli, dan *User Experience Questionnaire* (UEQ), kemudian dianalisis menggunakan hasil pengujian fungsional, analisis validitas Gregory, dan analisis deskriptif UEQ. Hasil penelitian menunjukkan bahwa seluruh fitur aplikasi berfungsi sesuai dengan tujuan pengembangan. Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa aspek media dan desain aplikasi memperoleh penilaian sangat tinggi, meskipun terdapat beberapa masukan untuk penyempurnaan aspek konten. Selain itu, hasil UEQ menunjukkan pengalaman pengguna yang positif pada seluruh dimensi yang dievaluasi, yaitu *attractiveness*, *perspicuity*, *efficiency*, *dependability*, *stimulation*, dan *novelty*. Temuan ini berkontribusi pada pengembangan media edukasi kebencanaan dengan menunjukkan potensi *Augmented Reality* berbasis geospasial dalam mendukung pengalaman belajar yang kontekstual dan interaktif. Simpulan penelitian menegaskan bahwa simulasi banjir berbasis lokasi melalui *ARCore Geospatial* dapat mendukung edukasi kebencanaan dan meningkatkan kesadaran mitigasi banjir melalui visualisasi yang kontekstual dan interaktif. Implikasi penelitian ini memberikan kontribusi praktis bagi lembaga pendidikan dan pemangku kepentingan kebencanaan dalam mengembangkan strategi edukasi yang lebih menarik, inovatif, dan berbasis lokasi. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengintegrasikan data lingkungan secara *real-time* dan memperluas implementasi aplikasi pada wilayah geografis yang lebih luas.

Kata Kunci: *ARCore Geospatial*; *Augmented Reality*; Edukasi Kebencanaan; Mitigasi Banjir; Simulasi Banjir.

PENDAHULUAN

Banjir merupakan salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di berbagai negara dan memberikan dampak yang signifikan terhadap kehidupan masyarakat, baik dari aspek sosial, ekonomi, maupun lingkungan. Tingginya frekuensi kejadian banjir

menunjukkan pentingnya upaya mitigasi dan peningkatan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi risiko bencana. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah melalui edukasi kebencanaan yang mampu memberikan pemahaman mengenai potensi dampak banjir serta langkah-langkah mitigasi yang perlu dilakukan. Dalam konteks ini, kerja sama penelitian antara Universitas Pendidikan Ganesha dan King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT), Thailand, menjadi salah satu upaya untuk mengembangkan media edukasi yang lebih inovatif melalui pemanfaatan teknologi digital. Pendekatan tersebut diharapkan dapat mendukung penyampaian informasi kebencanaan secara lebih kontekstual sehingga masyarakat tidak hanya memahami konsep mitigasi secara teoritis, tetapi juga mampu memvisualisasikan dampak bencana pada lingkungan nyata. Kebutuhan akan edukasi dan kesiapsiagaan masyarakat terhadap risiko banjir juga menjadi perhatian pada berbagai wilayah rawan bencana, sebagaimana ditunjukkan oleh penelitian Yodsuban dan Nuntaboot (2021) mengenai pengelolaan bencana banjir berbasis komunitas di Thailand.

Meskipun berbagai program edukasi kebencanaan telah dilaksanakan, proses penyampaian informasi masih banyak dilakukan melalui metode konvensional seperti ceramah, media cetak, maupun penyajian visual statis. Pendekatan tersebut sering kali memiliki keterbatasan dalam memberikan pengalaman belajar yang interaktif dan kontekstual sehingga peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami kondisi bencana yang sebenarnya. Padahal, pemahaman spasial dan kemampuan mengidentifikasi risiko lingkungan merupakan aspek penting dalam meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana banjir. Oleh karena itu, diperlukan inovasi media pembelajaran yang mampu menghadirkan pengalaman belajar yang lebih menarik, interaktif, dan sesuai dengan kondisi lingkungan nyata.

Perkembangan teknologi *Augmented Reality* (AR) memberikan peluang untuk menciptakan media pembelajaran yang mampu mengintegrasikan objek virtual ke dalam lingkungan nyata secara interaktif. Teknologi ini memungkinkan pengguna memperoleh pengalaman belajar yang lebih imersif dibandingkan media pembelajaran konvensional. Penelitian yang dilakukan oleh Putra dan Widiana (2025) menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* mampu meningkatkan pemahaman konsep dan keterlibatan peserta didik. Selain itu, Silva et al. (2022) menyatakan bahwa penerapan teknologi *virtual reality* dan *augmented reality* dapat meningkatkan pengalaman belajar melalui interaksi yang lebih menarik dan kontekstual. Temuan tersebut menunjukkan bahwa

teknologi AR memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan dalam mendukung edukasi kebencanaan.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah mengembangkan teknologi AR dalam berbagai bidang pembelajaran dan visualisasi informasi. Abdurrahman dan Gustalika (2023) memanfaatkan AR sebagai media pengenalan budaya, sedangkan Sudana et al. (2024) mengembangkan aplikasi AR untuk memperkenalkan warisan budaya kepada generasi muda. Pada bidang navigasi dan visualisasi berbasis lokasi, Lu et al. (2021) mengembangkan sistem navigasi kampus berbasis ARCore, sementara Cheliotis et al. (2024) dan Jeong et al. (2025) menunjukkan bahwa teknologi geospasial dapat mendukung implementasi AR berbasis lokasi secara lebih akurat. Di sisi lain, penelitian Fuedsi et al. (2024) menunjukkan bahwa edukasi mitigasi bencana berbasis AR mampu meningkatkan kesiapsiagaan peserta didik terhadap risiko bencana. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa AR memiliki potensi yang besar dalam mendukung pembelajaran yang interaktif dan kontekstual.

Meskipun demikian, penelitian yang secara khusus mengintegrasikan teknologi ARCore Geospatial untuk simulasi banjir berbasis lokasi sebagai media edukasi kebencanaan masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada visualisasi objek pembelajaran, pengenalan budaya, maupun navigasi berbasis lokasi tanpa mengintegrasikan simulasi bencana yang dapat ditampilkan secara kontekstual pada lingkungan nyata pengguna. Selain itu, pemanfaatan teknologi geospasial untuk mendukung visualisasi banjir dan navigasi shelter dalam satu lingkungan AR yang terintegrasi masih jarang ditemukan. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mampu menggabungkan visualisasi banjir berbasis lokasi dengan teknologi ARCore Geospatial untuk mendukung pengalaman belajar yang lebih kontekstual dalam edukasi mitigasi bencana.

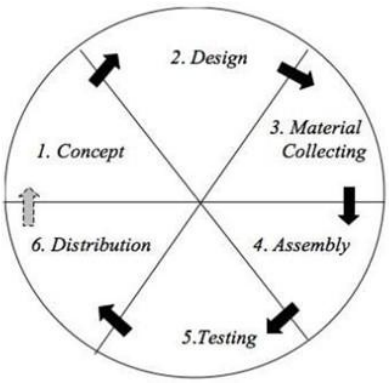
Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini mengembangkan aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial yang mengintegrasikan visualisasi genangan banjir dan fitur navigasi shelter pada lingkungan nyata. Kebaruan penelitian terletak pada pemanfaatan teknologi geospasial untuk menghadirkan simulasi banjir berbasis lokasi sebagai media edukasi kebencanaan yang interaktif dan kontekstual. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan serta mengevaluasi pemanfaatan ARCore Geospatial dalam mendukung edukasi mitigasi banjir melalui pengalaman belajar yang lebih imersif, interaktif, dan berbasis lokasi.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) untuk mengembangkan aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial sebagai media edukasi kebencanaan. Proses pengembangan aplikasi dilakukan menggunakan model *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) yang terdiri atas tahapan *concept*, *design*, *material collecting*, *assembly*, *testing*, dan *distribution*. Setelah proses pengembangan selesai, aplikasi dievaluasi melalui pengujian fungsional, validasi ahli, dan pengukuran pengalaman pengguna menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ). Tahapan penelitian secara keseluruhan dirancang untuk memastikan bahwa aplikasi yang dikembangkan tidak hanya berfungsi dengan baik secara teknis, tetapi juga mampu mendukung pengalaman belajar yang interaktif dan kontekstual dalam edukasi mitigasi bencana banjir.

1. Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk mengembangkan serta mengevaluasi aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial sebagai media edukasi kebencanaan. Pendekatan R&D dipilih karena penelitian tidak hanya berfokus pada pengkajian suatu fenomena, tetapi juga menghasilkan produk yang dapat dimanfaatkan dalam proses pembelajaran dan edukasi mitigasi bencana. Model pengembangan yang digunakan adalah *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC), yang terdiri atas enam tahapan, yaitu *concept*, *design*, *material collecting*, *assembly*, *testing*, dan *distribution*. Model MDLC dipilih karena menyediakan alur pengembangan yang sistematis dan sesuai untuk pembangunan aplikasi multimedia interaktif yang mengintegrasikan elemen visual, interaksi pengguna, serta teknologi *Augmented Reality*. Melalui tahapan tersebut, proses pengembangan aplikasi dapat dilakukan secara terstruktur mulai dari identifikasi kebutuhan hingga evaluasi produk yang dihasilkan.



Gambar 1. Metode Pengembangan MDLC
(Sumber: Yana et al., 2023)

Gambar 1 menunjukkan tahapan pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini. Setiap tahapan pada model MDLC saling berkaitan dan dilakukan secara berurutan untuk memastikan bahwa aplikasi yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pengguna serta tujuan edukasi kebencanaan yang telah ditetapkan.

2. Prosedur Pengembangan Aplikasi

Proses pengembangan aplikasi simulasi banjir dalam penelitian ini mengikuti tahapan *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC). Setiap tahapan dilakukan secara sistematis untuk memastikan aplikasi yang dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian dan kebutuhan pengguna sebagai media edukasi kebencanaan.

a. Concept

Tahap *concept* dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan penelitian, menentukan tujuan pengembangan aplikasi, serta menganalisis kebutuhan pengguna. Pada tahap ini ditetapkan bahwa aplikasi akan dikembangkan sebagai media edukasi kebencanaan yang memanfaatkan teknologi ARCore Geospatial untuk menampilkan simulasi banjir berbasis lokasi dan informasi shelter dalam lingkungan nyata.

b. Design

Tahap *design* berfokus pada perancangan struktur aplikasi, antarmuka pengguna, serta alur interaksi yang akan digunakan. Perancangan dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi memiliki tampilan yang mudah dipahami dan mendukung proses pembelajaran secara interaktif. Pada tahap ini juga disusun rancangan navigasi aplikasi, tampilan simulasi banjir, serta fitur pendukung lainnya.

c. Material Collecting

Tahap *material collecting* dilakukan dengan mengumpulkan berbagai sumber daya yang diperlukan dalam pengembangan aplikasi. Material yang digunakan meliputi aset tiga dimensi (*3D assets*), elemen antarmuka pengguna, data lokasi, informasi shelter, serta data pendukung simulasi banjir yang digunakan untuk membangun skenario visualisasi dalam aplikasi.

d. Assembly

Tahap *assembly* merupakan proses implementasi seluruh rancangan dan material ke dalam aplikasi. Pengembangan dilakukan menggunakan *Unity* dengan memanfaatkan teknologi ARCore Geospatial untuk mendukung visualisasi berbasis lokasi. Pada tahap ini dilakukan integrasi berbagai fitur utama aplikasi, termasuk simulasi banjir, visualisasi

lingkungan, dan navigasi shelter. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian Prayitno et al. (2024) yang menunjukkan bahwa teknologi *location-based markerless Augmented Reality* dapat dimanfaatkan untuk menampilkan objek virtual secara kontekstual berdasarkan posisi pengguna.

e. Testing

Tahap *testing* dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi dapat berfungsi sesuai dengan tujuan pengembangannya. Pengujian meliputi *Black Box Testing* untuk mengevaluasi fungsi aplikasi, validasi ahli untuk menilai kelayakan media, serta evaluasi pengalaman pengguna menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ).

f. Distribution

Tahap *distribution* merupakan tahap akhir pengembangan yang dilakukan setelah aplikasi dinyatakan layak digunakan. Pada tahap ini aplikasi didistribusikan kepada responden untuk mendukung proses pengujian dan evaluasi sebagai media edukasi kebencanaan berbasis ARCore Geospatial.

3. Partisipan Penelitian

Partisipan dalam penelitian ini berjumlah 30 mahasiswa yang terlibat dalam proses evaluasi aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial. Pemilihan partisipan dilakukan menggunakan teknik *Convenience Sampling*, yaitu dengan merekrut mahasiswa yang mudah dijangkau dan bersedia berpartisipasi dalam kegiatan pengujian aplikasi. Responden diperoleh dari beberapa kelas yang diampu oleh dosen pembimbing penelitian dan memiliki perangkat yang dapat digunakan untuk menjalankan aplikasi yang dikembangkan.

Partisipan berperan sebagai pengguna akhir (*end-user*) yang melakukan pengujian aplikasi serta memberikan penilaian terhadap pengalaman penggunaan melalui *User Experience Questionnaire* (UEQ). Keterlibatan partisipan dalam penelitian ini bertujuan untuk memperoleh umpan balik terkait aspek pengalaman pengguna, sehingga dapat diketahui tingkat penerimaan aplikasi sebagai media edukasi kebencanaan berbasis *Augmented Reality* dan teknologi geospasial.

Tabel 1. Karakteristik Partisipan Penelitian

Karakteristik	Jumlah
Mahasiswa	30
Teknik Sampling	Convenience Sampling
Peran	Responden UEQ

Berdasarkan karakteristik partisipan yang ditunjukkan pada Tabel 1, seluruh responden berperan sebagai pengguna akhir (*end-user*) yang terlibat dalam proses evaluasi aplikasi. Partisipan diminta untuk mencoba seluruh fitur yang tersedia pada aplikasi simulasi banjir, termasuk visualisasi genangan banjir dan navigasi shelter berbasis lokasi. Setelah menggunakan aplikasi, responden memberikan penilaian terhadap pengalaman penggunaan melalui instrumen *User Experience Questionnaire* (UEQ). Data yang diperoleh dari partisipan selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi tingkat penerimaan aplikasi sebagai media edukasi kebencanaan berbasis ARCore Geospatial.

4. Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan menggunakan tiga instrumen utama, yaitu *Black Box Testing*, validasi ahli, dan *User Experience Questionnaire* (UEQ). Ketiga instrumen tersebut digunakan untuk memperoleh data terkait fungsionalitas aplikasi, kelayakan media, serta pengalaman pengguna dalam menggunakan aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial.

a. Black Box Testing

Black Box Testing digunakan untuk mengevaluasi fungsi aplikasi berdasarkan kesesuaian keluaran yang dihasilkan terhadap kebutuhan yang telah ditentukan. Pengujian dilakukan pada setiap fitur utama aplikasi, seperti proses pemindaian lokasi, visualisasi simulasi banjir, pemilihan tingkat curah hujan, navigasi shelter, serta fungsi antarmuka pengguna lainnya. Data yang diperoleh digunakan untuk memastikan bahwa seluruh fitur aplikasi dapat berjalan sesuai dengan tujuan pengembangannya.

b. Validasi Ahli

Validasi ahli dilakukan untuk menilai kelayakan aplikasi sebelum digunakan oleh pengguna akhir. Proses validasi melibatkan tiga validator yang terdiri atas ahli isi, ahli media, dan ahli desain. Penilaian dilakukan menggunakan instrumen validasi yang disusun berdasarkan aspek-aspek yang relevan dengan fungsi aplikasi sebagai media edukasi kebencanaan.

Tabel 2. Aspek Validasi Ahli

Jenis Validasi	Fokus Penilaian
Ahli Isi	Kesesuaian materi edukasi kebencanaan
Ahli Media	Kualitas media dan interaktivitas aplikasi
Ahli Desain	Antarmuka dan pengalaman penggunaan

Tabel 2 menunjukkan aspek penilaian yang digunakan pada proses validasi ahli. Hasil validasi digunakan sebagai dasar untuk menentukan kelayakan aplikasi sebelum dilakukan evaluasi oleh pengguna.

c. User Experience Questionnaire (UEQ)

Evaluasi pengalaman pengguna dilakukan menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ). Instrumen ini digunakan untuk mengukur persepsi pengguna terhadap kualitas pengalaman penggunaan aplikasi berdasarkan enam dimensi utama, yaitu *attractiveness*, *perspicuity*, *efficiency*, *dependability*, *stimulation*, dan *novelty*. Responden diminta menggunakan aplikasi terlebih dahulu sebelum memberikan penilaian terhadap setiap pernyataan yang tersedia pada instrumen UEQ.

Tabel 3. Dimensi *User Experience Questionnaire* (UEQ)

Dimensi	Deskripsi
Attractiveness	Daya tarik aplikasi secara keseluruhan
Perspicuity	Kemudahan pengguna memahami aplikasi
Efficiency	Efisiensi penggunaan aplikasi
Dependability	Tingkat kendali dan konsistensi sistem
Stimulation	Kemampuan aplikasi memotivasi pengguna
Novelty	Tingkat kreativitas dan inovasi aplikasi

Tabel 3 menunjukkan dimensi yang digunakan dalam instrumen UEQ. Keenam dimensi tersebut digunakan untuk mengevaluasi kualitas pengalaman pengguna dalam menggunakan aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial sebagai media edukasi kebencanaan.

5. Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis sesuai dengan jenis instrumen yang digunakan. Data hasil *Black Box Testing* dianalisis secara deskriptif untuk mengetahui kesesuaian fungsi aplikasi dengan kebutuhan yang telah ditetapkan. Pengujian dinyatakan berhasil apabila fitur yang diuji menghasilkan keluaran sesuai dengan fungsi yang dirancang pada tahap pengembangan.

Data hasil validasi ahli dianalisis menggunakan metode Gregory untuk menentukan tingkat validitas instrumen dan kelayakan aplikasi sebagai media edukasi kebencanaan. Penggunaan metode Gregory dalam penelitian ini mengacu pada penelitian Sugiharni (2023) yang memanfaatkan pendekatan tersebut untuk mengevaluasi validitas isi instrumen

pembelajaran. Analisis dilakukan berdasarkan tingkat kesepakatan antarvalidator terhadap aspek-aspek yang dinilai. Hasil analisis kemudian diinterpretasikan untuk menentukan kategori validitas aplikasi yang dikembangkan.

Data pengalaman pengguna yang diperoleh melalui *User Experience Questionnaire* (UEQ) dianalisis menggunakan metode analisis UEQ yang mengacu pada panduan yang dikembangkan oleh Schrepp (2023). Analisis dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata setiap dimensi, yaitu *attractiveness*, *perspicuity*, *efficiency*, *dependability*, *stimulation*, dan *novelty*. Nilai yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi kualitas pengalaman pengguna terhadap aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial.

Tabel 4. Teknik Analisis Data

Instrumen	Teknik Analisis
Black Box Testing	Analisis deskriptif
Validasi Ahli	Metode Gregory
UEQ	Analisis rata-rata dan benchmark UEQ

Tabel 4 menunjukkan teknik analisis yang digunakan untuk setiap jenis data yang diperoleh selama penelitian. Pemilihan teknik analisis disesuaikan dengan karakteristik data dan tujuan evaluasi yang dilakukan.

HASIL

Bagian ini menyajikan hasil penelitian yang diperoleh dari proses pengembangan dan evaluasi aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial sebagai media edukasi kebencanaan. Hasil yang disajikan meliputi hasil pengembangan aplikasi, pengujian fungsional, validasi ahli, serta evaluasi pengalaman pengguna menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ). Penyajian hasil penelitian dilakukan untuk menunjukkan tingkat keberhasilan pengembangan aplikasi serta kelayakannya sebagai media edukasi mitigasi bencana banjir berbasis *Augmented Reality* dan teknologi geospasial.

1. Hasil Pengembangan Aplikasi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial berhasil dikembangkan sesuai dengan tujuan penelitian sebagai media edukasi kebencanaan. Aplikasi memanfaatkan teknologi *Augmented Reality* dan layanan geospasial untuk menampilkan simulasi banjir secara kontekstual pada lingkungan nyata pengguna.

Selain menampilkan visualisasi genangan banjir, aplikasi juga menyediakan fitur navigasi menuju shelter terdekat serta informasi pendukung yang dapat membantu pengguna memahami langkah mitigasi saat terjadi bencana banjir.



Gambar 2. Tampilan Antarmuka Aplikasi Simulasi Banjir Berbasis ARCore Geospatial

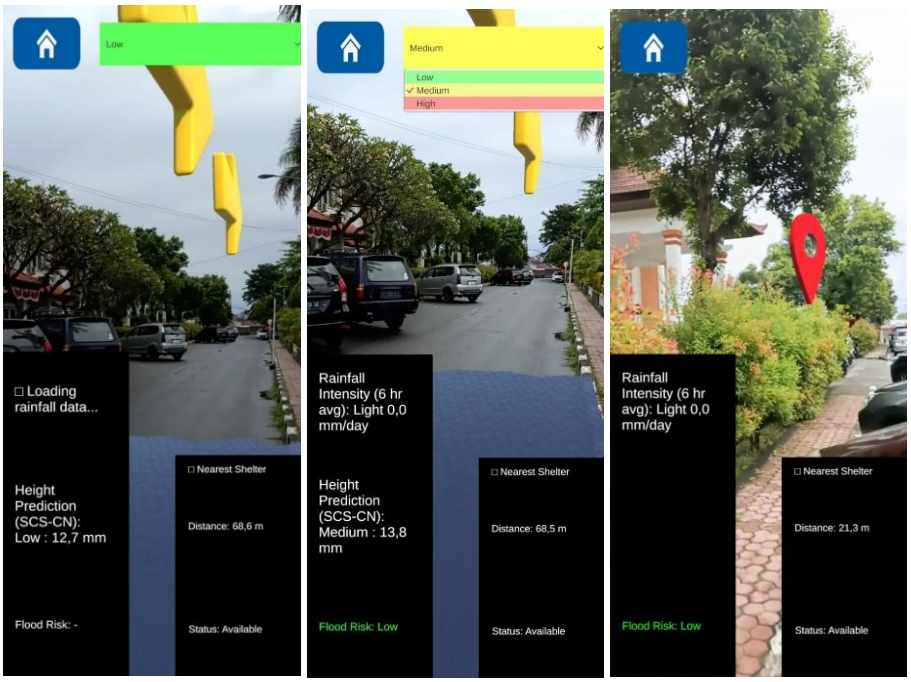
Gambar 2 menunjukkan tampilan antarmuka utama aplikasi yang digunakan untuk mengakses fitur-fitur simulasi banjir. Antarmuka dirancang untuk memudahkan pengguna dalam memilih tingkat intensitas hujan, melihat informasi prediksi ketinggian banjir, memperoleh informasi shelter terdekat, serta mengakses navigasi aplikasi. Tata letak antarmuka disusun secara sederhana agar tidak mengganggu tampilan lingkungan nyata yang menjadi media visualisasi *Augmented Reality*.

Tabel 5. Hasil Prediksi Tinggi Genangan (mm)

Intensitas Curah Hujan	Prediksi Ketinggian Banjir
Low	12,7 mm
Medium	13,8 mm
High	34,6 mm

Prediksi ketinggian banjir yang digunakan dalam aplikasi diperoleh melalui proses perhitungan menggunakan pendekatan Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) seperti pada Tabel 5. Pendekatan SCS-CN dipilih karena banyak digunakan untuk memperkirakan limpasan permukaan berdasarkan karakteristik curah hujan dan kondisi lahan. Menurut Giudicianni et al. (2025), metode SCS-CN merupakan salah satu pendekatan yang paling umum digunakan dalam pemodelan hujan-limpasan untuk memperkirakan

limpasan permukaan pada suatu daerah tangkapan air. Hasil perhitungan tersebut digunakan sebagai parameter untuk mengatur visualisasi simulasi banjir pada aplikasi. Setiap tingkat intensitas curah hujan menghasilkan nilai prediksi yang berbeda sehingga pengguna dapat mengamati perubahan kondisi genangan berdasarkan skenario yang dipilih.



Gambar 3. Visualisasi Simulasi Banjir dan Navigasi Shelter Berbasis ARCore Geospatial

Gambar 3 menunjukkan implementasi aplikasi pada lingkungan nyata menggunakan teknologi ARCore Geospatial. Aplikasi mampu menampilkan visualisasi simulasi banjir yang terintegrasi dengan informasi curah hujan dan prediksi ketinggian genangan. Selain itu, aplikasi menyediakan fitur navigasi shelter yang menampilkan arah dan jarak menuju lokasi evakuasi terdekat. Integrasi visualisasi banjir dan informasi shelter dalam lingkungan nyata memberikan pengalaman belajar yang lebih interaktif dibandingkan media edukasi konvensional.

Berdasarkan hasil pengembangan yang telah dilakukan, seluruh fitur utama aplikasi berhasil diimplementasikan sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan pada tahap pengembangan. Fitur visualisasi banjir, pemilihan intensitas hujan, panel informasi, serta navigasi shelter dapat berfungsi sebagai satu kesatuan sistem yang mendukung proses edukasi mitigasi bencana banjir berbasis *Augmented Reality*. Hasil pengembangan ini selanjutnya dievaluasi melalui pengujian fungsional, validasi ahli, dan evaluasi pengalaman pengguna untuk mengetahui tingkat kelayakan aplikasi yang dikembangkan.

2. Hasil Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode *Black Box Testing* untuk memastikan bahwa setiap fitur pada aplikasi dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan yang telah ditentukan. Pengujian difokuskan pada fungsi utama aplikasi, meliputi proses visualisasi simulasi banjir, pemilihan tingkat intensitas hujan, penampilan informasi pendukung, navigasi shelter, serta fungsi antarmuka pengguna lainnya. Hasil pengujian digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian keluaran sistem terhadap fungsi yang dirancang pada tahap pengembangan.

Tabel 6. Hasil Pengujian Fungsional Aplikasi

Fitur yang Diuji	Hasil Pengujian
Pemindaian Lokasi Menggunakan ARCore Geospatial	Berhasil
Visualisasi Simulasi Banjir	Berhasil
Pemilihan Intensitas Hujan	Berhasil
Penampilan Informasi Curah Hujan	Berhasil
Penampilan Informasi Shelter	Berhasil
Navigasi Menu Home	Berhasil
Navigasi Shelter Berbasis Lokasi	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 6, seluruh fitur utama aplikasi berhasil dijalankan sesuai dengan fungsi yang telah dirancang. Tidak ditemukan kesalahan yang menghambat proses penggunaan aplikasi selama pengujian berlangsung. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi telah memenuhi kebutuhan fungsional yang ditetapkan dan siap digunakan pada tahap evaluasi berikutnya.

3. Hasil Validasi Ahli

Validasi ahli dilakukan untuk menilai kelayakan aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial sebelum digunakan oleh pengguna akhir. Proses validasi melibatkan tiga validator yang terdiri atas ahli isi, ahli media, dan ahli desain. Penilaian dilakukan terhadap aspek kesesuaian materi edukasi kebencanaan, kualitas media pembelajaran, serta desain antarmuka aplikasi. Hasil validasi dianalisis menggunakan metode Gregory untuk menentukan tingkat validitas aplikasi yang dikembangkan.

Tabel 7. Hasil Validasi Ahli

Jenis Validasi	Nilai Gregory	Kategori
Ahli Isi	0,20	Rendah
Ahli Media	0,86	Sangat Tinggi
Ahli Desain	0,90	Sangat Tinggi

Berdasarkan hasil validasi yang ditunjukkan pada Tabel 7, aspek media dan desain memperoleh kategori validitas sangat tinggi dengan nilai masing-masing sebesar 0,86 dan 0,90. Hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi telah memenuhi aspek tampilan, interaktivitas, dan kemudahan penggunaan dengan baik. Sementara itu, validasi ahli isi memperoleh nilai 0,20 yang menunjukkan perlunya penyempurnaan pada aspek konten dan informasi yang disajikan. Masukan yang diberikan oleh validator digunakan sebagai dasar perbaikan aplikasi sebelum dilakukan evaluasi kepada pengguna. Perbaikan yang dilakukan meliputi penyempurnaan informasi pendukung, penyesuaian konten yang ditampilkan, serta klarifikasi terhadap data yang digunakan dalam simulasi banjir sesuai dengan rekomendasi validator. Setelah proses revisi dilakukan berdasarkan rekomendasi validator, aplikasi digunakan pada tahap evaluasi pengguna untuk memperoleh masukan terkait pengalaman penggunaan dan penerimaan aplikasi sebagai media edukasi kebencanaan.

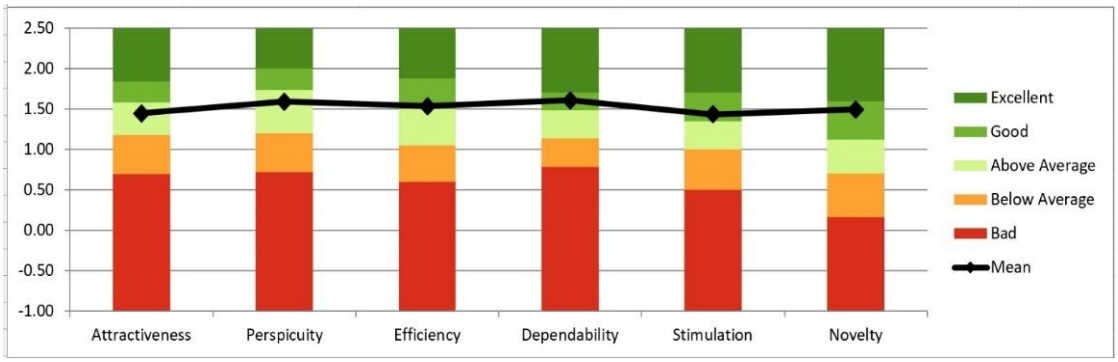
4. Hasil Evaluasi Pengguna

Evaluasi pengguna dilakukan untuk mengetahui pengalaman pengguna setelah menggunakan aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial. Evaluasi dilakukan menggunakan instrumen *User Experience Questionnaire* (UEQ) yang diberikan kepada 30 responden. Instrumen UEQ digunakan untuk mengukur persepsi pengguna terhadap kualitas pengalaman penggunaan aplikasi berdasarkan enam dimensi, yaitu *attractiveness*, *perspicuity*, *efficiency*, *dependability*, *stimulation*, dan *novelty*. Hasil evaluasi pengguna disajikan pada Tabel 7.

Tabel 8. Hasil Evaluasi *User Experience Questionaire* (UEQ)

Dimensi	Mean Score	Kategori
Attractiveness	1,444	Above Average
Perspicuity	1,592	Above Average
Efficiency	1,533	Good
Dependability	1,608	Good
Stimulation	1,433	Good
Novelty	1,492	Good

Berdasarkan hasil evaluasi pada Tabel 8, seluruh dimensi UEQ memperoleh nilai positif di atas 1,0. Dimensi *dependability* memperoleh nilai tertinggi sebesar 1,608, sedangkan dimensi *stimulation* memperoleh nilai terendah sebesar 1,433. Secara umum, hasil tersebut menunjukkan bahwa aplikasi memberikan pengalaman penggunaan yang baik menurut persepsi pengguna.



Gambar 4. Hasil Benchmark *User Experience Questionnaire* (UEQ)

Gambar 4 menunjukkan hasil benchmark UEQ untuk setiap dimensi yang dievaluasi. Seluruh dimensi berada pada kategori *Above Average* hingga *Good*, yang menunjukkan bahwa aplikasi memiliki kualitas pengalaman pengguna yang positif. Hasil ini mengindikasikan bahwa pengguna dapat menggunakan aplikasi dengan cukup mudah, memahami fungsi yang tersedia, serta memperoleh pengalaman yang menarik selama berinteraksi dengan aplikasi.

PEMBAHASAN

Bagian pembahasan menginterpretasikan hasil penelitian yang diperoleh dari proses pengembangan dan evaluasi aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial sebagai media edukasi kebencanaan. Pembahasan difokuskan pada hasil pengembangan aplikasi, tingkat kelayakan berdasarkan validasi ahli, serta pengalaman pengguna yang diperoleh melalui evaluasi menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ). Selain itu, hasil penelitian dikaitkan dengan penelitian terdahulu untuk mengidentifikasi kontribusi yang diberikan terhadap pengembangan media edukasi kebencanaan berbasis *Augmented Reality* dan teknologi geospasial.

1. Pengembangan Aplikasi Simulasi Banjir Berbasis ARCore Geospatial

Hasil pengembangan menunjukkan bahwa teknologi ARCore Geospatial dapat diimplementasikan untuk mendukung visualisasi simulasi banjir pada lingkungan nyata pengguna. Pemanfaatan teknologi ini memungkinkan objek virtual ditampilkan berdasarkan

posisi geografis sehingga simulasi yang diberikan menjadi lebih kontekstual dibandingkan visualisasi berbasis *marker* konvensional. Kemampuan tersebut memberikan pengalaman belajar yang lebih dekat dengan kondisi lingkungan sebenarnya karena pengguna dapat mengamati simulasi banjir secara langsung pada lokasi yang diamati. Temuan ini sejalan dengan penelitian Cheliotis et al. (2024) yang mengembangkan lingkungan geospasial untuk aplikasi *Augmented Reality*, Hakamäki (2024) yang mengevaluasi akurasi lokalisasi pada *Google Geospatial API*, serta Jeong et al. (2025) yang menunjukkan bahwa pemanfaatan *Geospatial API* mampu meningkatkan akurasi penempatan objek virtual dan mendukung pengalaman pengguna yang lebih realistis pada aplikasi berbasis *Augmented Reality*.

Selain menampilkan visualisasi genangan banjir, aplikasi yang dikembangkan juga mengintegrasikan informasi shelter dan navigasi berbasis lokasi. Integrasi kedua fitur tersebut memberikan nilai tambah karena pengguna tidak hanya memperoleh gambaran mengenai dampak banjir, tetapi juga mendapatkan informasi mengenai lokasi evakuasi yang dapat diakses ketika terjadi bencana. Pendekatan ini mendukung pembelajaran yang bersifat kontekstual karena pengguna dapat memahami hubungan antara kondisi lingkungan, risiko bencana, dan tindakan mitigasi yang dapat dilakukan. Dengan demikian, aplikasi tidak hanya berfungsi sebagai media visualisasi, tetapi juga sebagai sarana edukasi yang mendukung peningkatan kesiapsiagaan masyarakat terhadap bencana banjir.

Pengembangan aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial juga menunjukkan potensi pemanfaatan *Augmented Reality* sebagai media edukasi kebencanaan yang interaktif. Berbeda dengan media pembelajaran konvensional yang umumnya menyajikan informasi dalam bentuk teks atau gambar statis, aplikasi yang dikembangkan memungkinkan pengguna berinteraksi secara langsung dengan objek virtual pada lingkungan nyata. Karakteristik tersebut dapat membantu pengguna memahami konsep mitigasi bencana secara lebih konkret dan kontekstual. Oleh karena itu, penerapan teknologi *Augmented Reality* berbasis lokasi dapat menjadi alternatif yang menjanjikan untuk mendukung inovasi media edukasi kebencanaan di masa mendatang.

2. Evaluasi Kelayakan dan Pengalaman Pengguna

Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa aplikasi yang dikembangkan memperoleh tanggapan yang berbeda pada setiap aspek penilaian. Validasi media dan desain memperoleh kategori validitas yang sangat tinggi, yang menunjukkan bahwa aplikasi telah memenuhi aspek tampilan, interaktivitas, dan kemudahan penggunaan dengan baik. Hasil tersebut sejalan

dengan penelitian Dantes (2022) yang menunjukkan bahwa kualitas antarmuka dan kemudahan penggunaan merupakan faktor penting yang memengaruhi pengalaman pengguna pada aplikasi berbasis *Augmented Reality*. Di sisi lain, validasi ahli isi memperoleh nilai yang lebih rendah dibandingkan aspek lainnya. Hasil tersebut menunjukkan bahwa masih terdapat beberapa aspek konten yang perlu disempurnakan, khususnya terkait kelengkapan informasi dan kesesuaian materi yang disajikan. Oleh karena itu, masukan yang diberikan oleh validator digunakan sebagai dasar untuk melakukan penyempurnaan aplikasi sebelum dilakukan evaluasi kepada pengguna.

Meskipun terdapat rekomendasi perbaikan pada aspek konten, hasil validasi media dan desain menunjukkan bahwa aplikasi telah memiliki kualitas teknis yang memadai untuk digunakan dalam proses evaluasi pengguna. Dalam penelitian pengembangan, proses validasi tidak hanya berfungsi untuk menentukan tingkat kelayakan produk, tetapi juga untuk mengidentifikasi aspek-aspek yang perlu diperbaiki sebelum produk digunakan secara lebih luas. Dengan demikian, hasil validasi yang diperoleh menjadi bagian dari proses penyempurnaan produk yang dilakukan secara bertahap selama penelitian berlangsung.

Hasil evaluasi pengguna menunjukkan bahwa seluruh dimensi *User Experience Questionnaire* (UEQ) memperoleh nilai positif. Dimensi *dependability* memperoleh nilai tertinggi, yang menunjukkan bahwa pengguna merasa aplikasi dapat digunakan secara konsisten dan memberikan tingkat kendali yang baik selama proses interaksi. Sementara itu, dimensi *stimulation* memperoleh nilai terendah, meskipun masih berada pada kategori positif. Temuan ini mengindikasikan bahwa aplikasi telah mampu memberikan pengalaman penggunaan yang baik dan mudah dipahami oleh pengguna.

Hasil evaluasi pengguna sejalan dengan penelitian Putra dan Widiana (2025) yang menunjukkan bahwa media pembelajaran berbasis *Augmented Reality* mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Silva et al. (2022), yang menyatakan bahwa teknologi *virtual reality* dan *augmented reality* dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih menarik dan kontekstual. Kemampuan aplikasi dalam menampilkan simulasi banjir secara langsung pada lingkungan nyata memungkinkan pengguna memperoleh pemahaman yang lebih konkret dibandingkan penyampaian informasi melalui media konvensional. Temuan ini juga mendukung hasil penelitian Fuedsi et al. (2024) yang menunjukkan bahwa penerapan *Augmented Reality* dalam edukasi mitigasi bencana dapat meningkatkan pemahaman dan kesiapsiagaan pengguna terhadap risiko bencana. Temuan

tersebut juga memperkuat hasil penelitian Krishna Pillai et al. (2021) yang menunjukkan bahwa penggunaan *Augmented Reality* sebagai media pembelajaran mampu meningkatkan keterlibatan pengguna serta mendukung proses pembelajaran yang lebih interaktif.

Secara keseluruhan, hasil validasi ahli dan evaluasi pengguna menunjukkan bahwa aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial memiliki kualitas yang baik sebagai media edukasi kebencanaan. Meskipun masih terdapat beberapa aspek konten yang perlu disempurnakan, pengguna memberikan respons positif terhadap pengalaman penggunaan aplikasi. Temuan tersebut menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* berbasis lokasi dapat mendukung pengembangan media edukasi yang lebih interaktif, kontekstual, dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran mitigasi bencana.

3. Kontribusi dan Implikasi Penelitian

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* berbasis geospasial berpotensi mendukung pengembangan media edukasi kebencanaan yang lebih interaktif dan kontekstual. Melalui visualisasi simulasi banjir pada lingkungan nyata, pengguna tidak hanya menerima informasi secara pasif, tetapi juga dapat mengamati dampak bencana secara langsung pada lokasi yang diamati. Pendekatan ini mendukung proses pembelajaran yang lebih bermakna karena pengguna dapat menghubungkan informasi yang diperoleh dengan kondisi lingkungan di sekitarnya. Temuan ini sejalan dengan Mertasari dan Candiasa (2022) yang menekankan pentingnya media pembelajaran digital yang mampu mendukung pengalaman belajar yang kontekstual dan berorientasi pada pengguna. Dengan demikian, aplikasi yang dikembangkan berpotensi digunakan sebagai media pendukung dalam kegiatan edukasi mitigasi bencana banjir.

Penelitian ini juga memberikan kontribusi terhadap pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi geospasial dan *Augmented Reality*. Berbeda dengan penelitian Lu et al. (2021) yang berfokus pada navigasi kampus berbasis AR dan Cheliotis et al. (2024) yang mengembangkan lingkungan geospasial untuk AR, penelitian ini mengintegrasikan simulasi banjir dan informasi shelter ke dalam satu lingkungan AR berbasis lokasi. Integrasi tersebut menunjukkan bahwa teknologi ARCore Geospatial tidak hanya dapat dimanfaatkan untuk kebutuhan visualisasi, tetapi juga dapat digunakan untuk mendukung penyampaian informasi mitigasi bencana secara lebih kontekstual dan mudah dipahami oleh pengguna.

Meskipun memperoleh hasil yang positif, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Simulasi banjir yang ditampilkan dalam aplikasi menggunakan parameter

berdasarkan data curah hujan dan skenario yang telah ditentukan sehingga belum merepresentasikan kondisi banjir secara dinamis pada berbagai lokasi. Selain itu, jumlah partisipan yang terlibat dalam evaluasi pengguna masih terbatas pada 30 mahasiswa sehingga hasil yang diperoleh belum dapat digeneralisasikan untuk seluruh kelompok pengguna. Oleh karena itu, hasil penelitian perlu diinterpretasikan sesuai dengan ruang lingkup pengembangan yang telah dilakukan.

Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan aplikasi dengan memanfaatkan data lingkungan yang lebih beragam, memperluas cakupan wilayah simulasi, serta melibatkan jumlah partisipan yang lebih besar dan heterogen. Selain itu, integrasi data hidrologi secara real-time dan pengembangan skenario mitigasi yang lebih kompleks berpotensi meningkatkan kualitas simulasi serta memperluas pemanfaatan aplikasi dalam kegiatan edukasi dan pelatihan kebencanaan. Pengembangan tersebut diharapkan dapat mendukung upaya peningkatan kesiapsiagaan masyarakat dalam menghadapi risiko bencana banjir di masa mendatang.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan aplikasi simulasi banjir berbasis ARCore Geospatial sebagai media edukasi kebencanaan yang mengintegrasikan visualisasi banjir dan navigasi shelter pada lingkungan nyata. Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa seluruh fitur aplikasi dapat berjalan sesuai dengan tujuan pengembangannya. Evaluasi yang dilakukan melalui validasi ahli dan *User Experience Questionnaire* (UEQ) menunjukkan bahwa aplikasi memiliki kualitas media dan pengalaman pengguna yang baik, meskipun masih terdapat beberapa aspek konten yang memerlukan penyempurnaan berdasarkan masukan validator.

Temuan penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* berbasis geospasial berpotensi mendukung pengembangan media edukasi kebencanaan yang lebih interaktif dan kontekstual. Integrasi visualisasi banjir dengan informasi shelter memungkinkan pengguna memperoleh pemahaman yang lebih konkret mengenai risiko bencana dan langkah mitigasi yang dapat dilakukan. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan aplikasi dengan memanfaatkan data lingkungan yang lebih beragam, memperluas cakupan wilayah simulasi, serta mengintegrasikan data secara real-time untuk meningkatkan kualitas simulasi dan pengalaman pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrahman, Y., & Azrino Gustalika, M. (2023). Aplikasi Augmented Reality dengan Marker Based dan Markerless Tracking sebagai Pengenalan Budaya Candi Mendut. *Remik: Riset dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer, 7*(2), 859–871. https://doi.org/10.33395/remik.v7i2.12137

Adi, N., Sudana, O., & Cahyawan, A. (2024). Developing a marker-based AR application to introduce temples and cultural heritage to younger generations. *Jurnal Nasional Pendidikan Teknik Informatika (JANAPATI), 13*(3), 584–596. https://doi.org/10.23887/janapati.v13i3.76126

Cheliotis, K., Liarokapis, F., Kokla, M., Tomai, E., Pastra, K., Anastopoulou, N., Bezerianou, M., Darra, A., & Kavouras, M. (2024). UnityGeoAR: A geolocation augmented reality package for Unity3D. *SoftwareX, 27*, Article 101774. https://doi.org/10.1016/j.softx.2024.101774

Dantes, G. R. (2022). Evaluation and redesign of augmented reality application based on usability testing. *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan, 19*(2), 118–127. https://ejournal.undiksha.ac.id/index.php/JPTK/article/view/53494

Fuedsi, F. W., Pramudita, C., Rachmadani, A., Riwayati, N., Jaizun, G., & Husna, V. N. (2024). Efektivitas Edukasi Mitigasi Bencana Berbasis Augmented Reality terhadap Kesiapsiagaan Bencana Banjir Rob pada Siswa di SD Islam Hasanuddin 04 Semarang. *Geo-Image: Spatial-Ecological-Regional, 13*(2), 81–90. https://journal.unnes.ac.id/journals/geoimage/article/view/9027

Giudicianni, C., Aghaee, H., Ventura, L., & Creaco, E. (2025). Water discharge peak estimation based on HEC-HMS and predicted curve numbers for flood forecast in the River Brembo (Northern Italy). *Journal of Flood Risk Management, 18*(3), Article e70090. https://doi.org/10.1111/jfr3.70090

Hakamäki, S. (2024). *Assessing Localization Accuracy of Google Geospatial API* [Bachelor's thesis, Tampere University]. https://trepo.tuni.fi/handle/10024/157627

Jeong, Y., Suk, C., Jeon, H., Yu, Y., & Koo, B. (2025). Development and optimization of geospatial API-based AR system for field application of markless AR technology. *Korean Journal of Construction Engineering and Management, 26*(1), 45–56. https://doi.org/10.6106/KJCEM.2025.26.1.045

Krishna Pillai, S., Iksan, N., Abd Arif, H., Panessai, I. Y., Abdulbaqie, A. S., Yani, A., & Ismail. (2021). Kemudahan Penggunaan Augmented Reality sebagai Alat Bantu Pembelajaran Online bagi Meningkatkan Kinerja dan Prestasi Siswa dalam Seni Ukiran Kayu. *Journal of Engineering, Technology, and Applied Science, 3*(2), 48–57. https://doi.org/10.36079/lamintang.jetas-0302.256

Lu, F., Zhou, H., Guo, L., Chen, J., & Pei, L. (2021). An ARCore-based augmented reality campus navigation system. *Applied Sciences, 11*(16), Article 7515. https://doi.org/10.3390/app11167515

Mertasari, N. M. S., & Candiasa, I. M. (2022). Formative evaluation of digital learning materials. *Journal of Education Technology, 6*(3), 507–514. https://doi.org/10.23887/jet.v6i3.44165

Prayitno, K., Sunardi, S., & Yuliansyah, H. (2024). Implementasi Markerless Location-Based dalam Aplikasi Konstruksi Augmented Reality Berbasis Web. *Jambura Journal of Informatics, 6*(2), 75–88. https://doi.org/10.37905/jji.v6i2.25194

Putra, I. W. R. A., Widiana, I. W., & Jayanta, I. N. L. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Si Ceria Berbasis AR untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Sains dan Learning Engagement. *Journal of Education Technology, 9*(1), 181–189. https://doi.org/10.23887/jet.v9i1.94929

Schrepp, M. (2023). *User Experience Questionnaire Handbook*. https://www.ueq-online.org/Material/Handbook.pdf

Silva, F., Ramos, J., & Analide, C. (2022). Applications of virtual and augmented reality for practical application learning with gamification elements. *Interaction Design and Architecture(s), 53*, 191–212. https://doi.org/10.55612/s-5002-053-010

Sugiharni, G. A. D. (2023). Content validity of flipped learning-based statistical learning evaluation instruments at tourism colleges. *Journal of Education Research and Evaluation, 7*(2), 335–344. https://doi.org/10.23887/jere.v7i2.61240

Yana, P. S. K., Sindu, I. G. P., & Mertayasa, I. N. E. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Augmented Reality Teknik Penulisan Aksara Bali. *KARMAPATI: Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika, 12*(3), 165–176. https://doi.org/10.23887/karmapati.v12i3.69586

Yodsuban, P., & Nuntaboot, K. (2021). Community-based flood disaster management for older adults in southern of Thailand: A qualitative study. *International Journal of Nursing Sciences, 8*(4), 409–417. https://doi.org/10.1016/j.ijnss.2021.08.008