Implementasi Aplikasi Edukasi Mitigasi Bencana Gempa Bumi Berbasis Augmented Reality

1st Wijdan Ardra Fulvian
School of Applied Science
Telkom University
Bandung, Indonesia
wejejeif@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Muhammad Zidan Ernandiaz
School of Applied Science
Telkom University
Bandung, Indonesia
darkerhaunt@student.telkomuniversity.ac.id

3rd Fat'hah Noor Prawita
School of Applied Science
Telkom University
Bandung, Indonesia
fathah@tass.telkomuniversity.ac.id

***Abstrak* — Indonesia memiliki tingkat kerentanan yang tinggi terhadap bencana gempa bumi karena terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik utama. Kurangnya pemahaman masyarakat terhadap mitigasi bencana meningkatkan risiko korban jiwa dan kerugian material. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi edukasi mitigasi bencana gempa bumi berbasis Augmented Reality (AR) guna meningkatkan pemahaman, khususnya di kalangan pelajar. Aplikasi ini menghadirkan visualisasi interaktif tiga dimensi dengan memanfaatkan teknologi AR, memberikan pengalaman belajar yang menarik, imersif, dan mudah dipahami. Proses pengembangan dilakukan menggunakan perangkat lunak Unity dengan penerapan algoritma yang memproyeksikan objek 3D ke dunia nyata melalui kamera perangkat seluler. Tahapan pengembangan meliputi perancangan antarmuka pengguna, pemodelan 3D, serta integrasi fungsionalitas AR. Pengujian sistem dilakukan menggunakan black box testing untuk memastikan kesesuaian fungsi dengan spesifikasi, kemudian dilanjutkan dengan uji pengguna guna menilai efektivitas dan pengalaman penggunaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa aplikasi berfungsi dengan baik serta efektif dalam meningkatkan pemahaman pengguna terhadap langkah-langkah mitigasi gempa bumi. Aplikasi ini diharapkan menjadi solusi inovatif berbasis teknologi untuk edukasi kebencanaan yang lebih interaktif dan efektif.**

Kata kunci* — *Augmented Reality, Gempa Bumi, Mitigasi Bencana, Aplikasi Edukasi, Unity, Uji Pengguna.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat aktivitas seismik tertinggi di dunia karena terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik utama, yaitu Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. Kondisi geografis ini menyebabkan Indonesia sangat rentan terhadap bencana gempa bumi yang berpotensi menimbulkan kerusakan infrastruktur, gangguan aktivitas sosial dan ekonomi, serta korban jiwa. Meskipun risiko bencana tergolong tinggi, tingkat pemahaman dan kesiapsiagaan masyarakat terhadap mitigasi gempa bumi masih relatif rendah, sehingga upaya penguatan literasi kebencanaan menjadi sangat penting dalam rangka pengurangan risiko bencana.

Metode edukasi mitigasi bencana yang selama ini diterapkan umumnya masih bersifat konvensional, seperti ceramah, seminar, dan media cetak, yang cenderung satu arah dan kurang efektif dalam mempertahankan keterlibatan peserta didik, khususnya generasi muda. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang interaktif dan berbasis visual mampu meningkatkan pemahaman serta daya ingat peserta didik terhadap materi kebencanaan. Dalam konteks ini, teknologi Augmented Reality (AR) menawarkan potensi besar sebagai media pembelajaran inovatif karena mampu menggabungkan objek virtual ke dalam lingkungan nyata secara real-time dan menciptakan pengalaman belajar yang imersif.

Perkembangan teknologi AR secara global maupun nasional menunjukkan tingkat adopsi yang semakin meningkat. Selain itu, generasi muda sebagai kelompok usia dominan dalam dunia pendidikan memiliki preferensi belajar yang menekankan interaksi visual, pengalaman imersif, dan keterlibatan aktif. Hal ini menjadikan AR sebagai teknologi yang relevan untuk diterapkan dalam edukasi mitigasi bencana gempa bumi. Namun, pemanfaatan AR sebagai media edukasi mitigasi gempa bumi yang terintegrasi dengan lingkungan geografis nyata masih relatif terbatas.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi edukasi mitigasi bencana gempa bumi berbasis Augmented Reality dengan memanfaatkan Unity dan teknologi Google Geospatial. Aplikasi ini diharapkan mampu meningkatkan pemahaman serta kesiapsiagaan masyarakat, khususnya pelajar, dalam menghadapi potensi bencana gempa bumi melalui pendekatan pembelajaran yang interaktif, kontekstual, dan imersif.

II. KAJIAN TEORI

A. Mitigasi Bencana Gempa Bumi

Mitigasi bencana gempa bumi merupakan serangkaian upaya yang dilakukan untuk mengurangi risiko dan dampak yang ditimbulkan oleh gempa bumi, baik sebelum, saat, maupun setelah kejadian bencana. Upaya mitigasi meliputi peningkatan pengetahuan masyarakat, kesiapsiagaan, serta kemampuan dalam melakukan tindakan penyelamatan diri yang tepat. Edukasi mitigasi yang efektif diharapkan mampu menurunkan tingkat kepanikan dan kesalahan tindakan saat gempa terjadi, sehingga dapat meminimalkan korban jiwa dan kerugian material.

B. Edukasi Kebencanaan

Edukasi kebencanaan berperan penting dalam membangun kesadaran dan kesiapsiagaan masyarakat terhadap potensi bencana. Proses pembelajaran kebencanaan idealnya tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga aplikatif dan kontekstual. Metode pembelajaran interaktif dinilai lebih efektif karena mampu meningkatkan keterlibatan peserta didik serta memperkuat pemahaman terhadap langkah-langkah mitigasi yang harus dilakukan dalam situasi darurat.

C. Augmented Reality

Augmented Reality (AR) merupakan teknologi yang menggabungkan objek virtual dua atau tiga dimensi ke dalam lingkungan nyata secara real-time melalui perangkat digital. AR memungkinkan pengguna berinteraksi langsung dengan objek virtual seolah-olah berada di dunia nyata. Karakteristik ini menjadikan AR sebagai media pembelajaran yang imersif dan menarik, khususnya untuk menyampaikan materi yang membutuhkan visualisasi dan simulasi, seperti mitigasi bencana gempa bumi.

D. Augmented Reality dalam Edukasi Mitigasi Bencana

Pemanfaatan AR dalam edukasi mitigasi bencana memungkinkan pengguna mempelajari prosedur keselamatan dan evakuasi melalui simulasi yang aman dan terkendali. Dengan visualisasi interaktif, pengguna dapat memahami skenario gempa bumi serta tindakan penyelamatan diri secara lebih realistis. Pendekatan ini dinilai mampu meningkatkan daya ingat jangka panjang dan kesiapan pengguna dalam menghadapi situasi bencana nyata.

E. Google Geospatial

Google Geospatial merupakan teknologi yang memungkinkan integrasi data geografis dunia nyata ke dalam aplikasi berbasis Augmented Reality. Teknologi ini mendukung pemetaan lingkungan secara akurat dan memungkinkan penempatan objek virtual pada lokasi geografis yang sesuai. Dalam konteks edukasi mitigasi bencana, Google Geospatial dapat digunakan untuk menghadirkan simulasi berbasis lokasi nyata sehingga pengalaman belajar menjadi lebih kontekstual dan relevan.

F. Unity sebagai Platform Pengembangan

Unity merupakan platform pengembangan aplikasi yang banyak digunakan untuk membangun aplikasi interaktif, termasuk aplikasi berbasis Augmented Reality. Unity menyediakan berbagai fitur dan dukungan integrasi dengan teknologi AR, seperti Google Geospatial API, yang memudahkan pengembang dalam menciptakan lingkungan virtual yang imersif. Penggunaan Unity memungkinkan pengembangan aplikasi edukasi mitigasi bencana yang fleksibel, interaktif, dan dapat diimplementasikan pada perangkat seluler berbasis Android.

III. METODE

A. Analisis Kebutuhan Pengguna

Proses penggalian informasi dilakukan menggunakan metode wawancara untuk memperoleh data kualitatif yang mendalam terkait pengalaman, motivasi, dan kendala pengguna. Metode ini dipilih karena mampu menggali *insight* yang tidak dapat diperoleh secara optimal melalui survei. Wawancara dilaksanakan secara tatap muka di lingkungan Telkom University dengan melibatkan dua orang mahasiswa aktif yang memiliki pengalaman dalam menggunakan aplikasi berbasis lokasi atau Augmented Reality (AR). Berdasarkan informasi kebutuhan yang telah digali, fitur yang dibutuhkan dalam aplikasi ARSiaga meliputi Informasi Aplikasi yang berfungsi memberikan gambaran singkat mengenai tujuan, manfaat, serta konsep penggunaan *Augmented Reality* (AR) dalam edukasi kebencanaan; AR Jalur Evakuasi yang menampilkan penunjuk arah evakuasi berbasis AR secara intuitif melalui kamera ponsel untuk membantu pengguna menentukan arah evakuasi secara cepat dan akurat dalam situasi darurat; Mitigasi Bencana yang menyediakan panduan penanganan gempa bumi secara ringkas dan mudah diakses guna meningkatkan kesiapsiagaan pengguna; Berita Gempa yang menyajikan informasi gempa bumi terbaru dari sumber resmi untuk meningkatkan kesadaran situasional pasca-kejadian; serta Feedback Pengguna yang memungkinkan pengguna memberikan penilaian dan masukan secara praktis sebagai bahan evaluasi kualitas aplikasi. Target pengguna aplikasi ini adalah mahasiswa aktif Telkom University dari berbagai jenjang dan fakultas. Mahasiswa termasuk dalam kelompok digital natives yang terbiasa menggunakan ponsel pintar dan memiliki tingkat familiaritas yang baik terhadap teknologi AR. Aplikasi dirancang untuk berjalan pada perangkat Android yang mendukung ARCore dan koneksi internet, sehingga spesifikasi perangkat, ketersediaan sensor giroskop, serta kestabilan jaringan menjadi faktor penting dalam mendukung kinerja aplikasi secara optimal. Aplikasi ini dirancang untuk berjalan pada ponsel pintar pribadi mahasiswa dengan dukungan koneksi internet sebagai komponen utama dalam menjalankan fungsionalitas Augmented Reality yang terintegrasi dengan Google Geospatial API. Tantangan utama dalam implementasi aplikasi meliputi kestabilan jaringan serta ketersediaan spesifikasi perangkat yang mendukung fitur AR, seperti sensor giroskop dan sistem operasi Android yang kompatibel dengan ARCore. Spesifikasi target perangkat yang ditetapkan pada Tabel 1 digunakan sebagai acuan untuk memastikan aplikasi dapat berjalan secara optimal pada mayoritas perangkat pengguna.

TABEL 1
Spesifikasi Target Perangkat

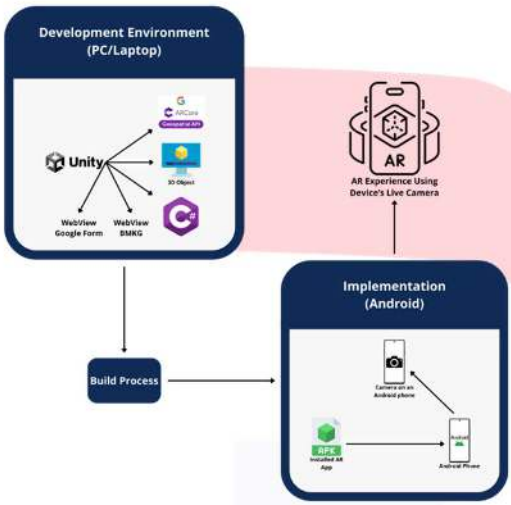
Jenis	Spesifikasi Minimal
Perangkat keras	• **Sensor:** Giroskop, Akselerometer, Magnetometer/Kompas, dan GPS. • **RAM:** Minimum 3 GB (disarankan 4 GB atau lebih untuk performa yang lebih optimal). • **Prosesor (CPU):** Prosesor kelas menengah modern, setara dengan Snapdragon seri 6xx atau yang lebih tinggi. • **Kamera:** Minimal satu kamera belakang yang mendukung pemrosesan AR.
Perangkat lunak	• **OS:** Android 10. • **Google Play Services for AR:** Harus terinstal versi terbaru. • **Google Play Services:** Mendukung layanan lokasi dan sinkronisasi data. • **OpenGL ES:** Minimum versi 3.0.

	• **Koneksi Internet:** Diperlukan untuk pemrosesan Geospatial API. • **Permissions:** Kamera, Lokasi, dan Internet.

B. Perancangan Aplikasi

1. Gambaran Umum Aplikasi

Aplikasi yang dirancang bernama ARSiaga (Augmented Reality Siaga Bencana), yaitu aplikasi berbasis Augmented Reality (AR) yang bertujuan memberikan panduan evakuasi serta edukasi mitigasi bencana gempa bumi. Arsitektur aplikasi secara umum ditunjukkan pada Gambar 1.

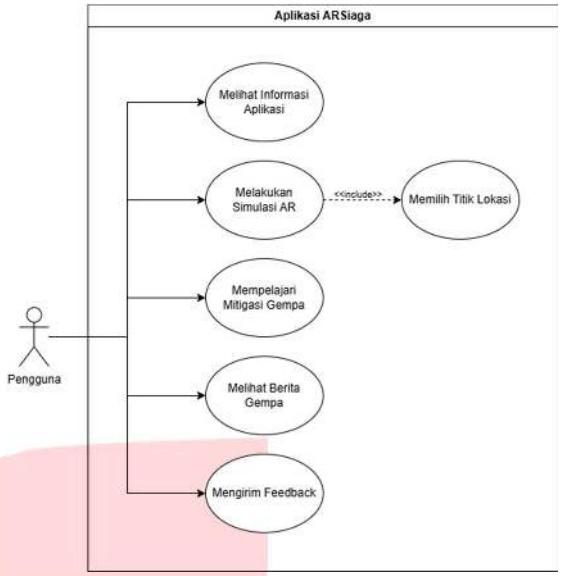


GAMBAR 1 Arsitektur Aplikasi

Aplikasi ARSiaga dikembangkan melalui dua tahap utama, yaitu tahap pengembangan dan implementasi. Pada tahap pengembangan, aplikasi dibangun menggunakan Unity pada perangkat PC atau laptop dengan mengintegrasikan ARCore Geospatial API untuk memperoleh data lokasi geografis secara real-time, objek 3D sebagai elemen visual, serta bahasa pemrograman C# untuk mengatur logika dan interaksi aplikasi, kemudian dihasilkan file APK yang siap digunakan. Pada tahap implementasi, file APK diinstal dan dijalankan pada smartphone Android sebagai perangkat utama, dengan memanfaatkan kamera untuk menangkap tampilan dunia nyata sebagai latar konten AR. Integrasi antara aplikasi, perangkat Android, dan kamera memungkinkan penyatuan objek digital dan lingkungan nyata secara real-time, sehingga aplikasi dapat menampilkan penunjuk arah evakuasi dan titik kumpul sebagai bentuk dukungan mitigasi bencana gempa bumi.

2. Use Case Diagram

Hasil analisis kebutuhan pengguna kemudian dimodelkan dalam bentuk Use Case Diagram untuk memetakan alur interaksi antara pengguna dan sistem, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



GAMBAR 2
Use Case Diagram

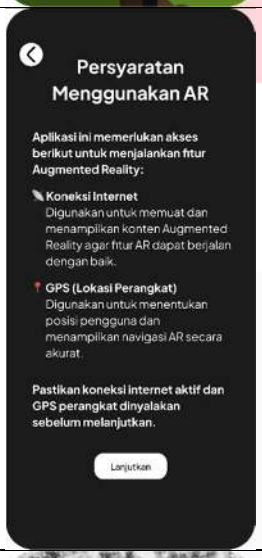
Seluruh fungsionalitas sistem dirancang dengan Pengguna sebagai aktor utama. Use Case Diagram menunjukkan bahwa pengguna dapat mengakses informasi aplikasi, menjalankan simulasi AR, memilih titik lokasi, mempelajari mitigasi gempa, melihat informasi gempa terkini, serta mengirimkan feedback. Perancangan seluruh fitur tersebut bertujuan untuk meningkatkan pemahaman, kesiapsiagaan, dan akses informasi pengguna terkait bencana gempa bumi.

3. Perancangan Antarmuka Aplikasi

Antarmuka aplikasi yang dirancang dapat disajikan dalam Tabel 2. Rancangan ini dibuat dengan menggunakan *prototyping tool* berbasis web Figma.

TABEL 2
Rancangan Antarmuka Aplikasi

No.	Tampilan	Penjelasan
1		Tampilan Awal Halaman menu utama yang memuat tombol navigasi ke halaman Tentang Aplikasi serta empat fitur inti: Mulai AR, Mitigasi Gempa, Berita Gempa, dan Feedback.

2		Tentang Aplikasi Halaman informasi yang menjelaskan ARSiaga sebagai aplikasi edukasi kebencanaan berbasis *Augmented Reality*.
3		Persyaratan Menggunakan AR Halaman ini menginformasikan bahwa pengguna wajib mengaktifkan koneksi internet dan GPS agar fitur *Augmented Reality* dapat berjalan dengan baik.
4		Pilih Titik Awal Halaman ini meminta pengguna memilih lokasi awal memulai untuk menentukan rute evakuasi AR yang akan ditampilkan menuju titik kumpul.
5		Kamera AR Tampilan kamera untuk menggunakan fitur AR.
6		Mitigasi Gempa 1 Tampilan materi edukasi bagian pertama yang berisi hal-hal dasar untuk kesiapsiagaan dan pentingnya tidak panik.
7		Mitigasi Gempa 2 Tampilan materi edukasi berisi panduan langkah penyelamatan diri saat gempa terjadi di dalam bangunan.

8		Mitigasi Gempa 3 Tampilan materi edukasi berisi panduan langkah penyelamatan diri saat gempa terjadi di luar bangunan.
9		Berita Gempa Antarmuka yang berfungsi untuk menyajikan data dan informasi terkini mengenai kejadian gempa bumi beserta lokasinya.
10		Feedback Halaman yang menampilkan Google Form bagi pengguna untuk mengirimkan masukan terkait aplikasi.

4. Kebutuhan Pengembangan Aplikasi

Untuk mengimplementasikan aplikasi sesuai dengan rancangan yang telah dibuat, diperlukan dukungan perangkat keras dan perangkat lunak berikut.

TABEL 3
Kebutuhan Pengembangan Aplikasi

No.	Hardware	Software
1	Lenovo LOQ 15AHP9: AMD Ryzen™ 7 8845HS dan RAM 16GB	Unity versi 2022.3.62f1
2	Asus VivoBook 15: Intel(R) Core(TM) i5-1135G7 dan RAM 16GB	Microsoft Visual Studio 2022
3	Smartphone Samsung A54: layar 6.4” dan RAM 8GB	
4	Smartphone Samsung A55: Layar 6.6” dan RAM 12GB	

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Aplikasi

Implementasi aplikasi ARSiaga dilakukan berdasarkan rancangan yang telah disusun pada bab sebelumnya dengan fokus pada pengembangan sisi pengguna (*user-side application*) untuk mendukung edukasi mitigasi bencana gempa bumi melalui teknologi Augmented Reality (AR). Struktur proyek dirancang dalam bentuk *hierarchy* yang mendukung fungsionalitas utama aplikasi, meliputi XR Origin sebagai pusat antarmuka dan fitur utama, AR Geospatial Creator Origin untuk pengelolaan objek virtual berbasis koordinat geografis, serta ARCore Extensions sebagai penghubung AR Foundation dengan Geospatial API. Aplikasi juga memuat lokasi simulasi evakuasi (FIT, GKU, dan TULT) yang menampilkan jalur evakuasi berbasis objek panah dan elemen 3D pendukung, serta memanfaatkan WebView untuk menampilkan informasi gempa dan fitur feedback, dan ButtonBackController untuk mengatur navigasi aplikasi. Secara keseluruhan, hasil implementasi telah sesuai dengan perancangan awal, dengan beberapa penyesuaian antarmuka untuk meningkatkan pengalaman pengguna, seperti penambahan akses cepat ke fitur mitigasi gempa dan integrasi fitur feedback secara langsung di dalam aplikasi.

B. Pengujian Aplikasi

Pengujian aplikasi dilakukan melalui tiga tahap, yaitu pengujian kualitas kode, pengujian fungsionalitas, dan pengujian kepada pengguna.



GAMBAR 3
Hasil Inspect Kode

Pengujian kualitas kode pada proyek ini dilakukan dengan memanfaatkan fitur *Console* bawaan Unity, yang menampilkan informasi terkait *error*, *warning*, dan *log* selama proses pengembangan maupun saat aplikasi dijalankan. Fitur ini digunakan untuk memantau serta

menganalisis potensi permasalahan pada kode program, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3 Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 3, muncul beberapa pesan peringatan dan yang berkaitan dengan koneksi komponen ARCore karena camera tidak digunakan. Meskipun terdapat beberapa peringatan dan kesalahan yang terdeteksi pada Console, hasil uji coba langsung menunjukkan bahwa aplikasi dapat berjalan dengan lancar pada perangkat Android. Seluruh fitur utama seperti tampilan awal, simulasi *Augmented Reality (AR)*, serta integrasi WebView berfungsi dengan baik tanpa gangguan berarti. Hal ini menandakan bahwa pesan peringatan tersebut tidak berpengaruh signifikan terhadap performa maupun stabilitas aplikasi secara keseluruhan.

Pengujian fungsionalitas aplikasi dilakukan menggunakan metode *black box testing* dengan menyusun skenario uji untuk setiap fitur utama aplikasi. Skenario tersebut diimplementasikan dalam *instrumentation test* menggunakan framework Espresso dan dijalankan pada perangkat Samsung Galaxy A54 dengan sistem operasi Android 15.

Lalu, pengujian ke pengguna dilakukan kepada 33 responden melalui tiga tahap, yaitu *Pre-test*, *Usability Testing*, dan *Post-test* menggunakan Google Form dengan visualisasi hasil dalam bentuk skala Likert. *Pre-test* dan *Post-test* mengukur aspek *Awareness*, *Need for Application*, dan *Preparedness*, dengan tambahan aspek evaluasi penggunaan aplikasi pada tahap *Post-test*. Sementara itu, *Usability Testing* menilai aspek *Effectiveness*, *Usefulness*, dan *Satisfaction* untuk mengevaluasi efektivitas, kegunaan, serta tingkat kepuasan pengguna terhadap aplikasi ARSiaga. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mayoritas responden memberikan respons positif. Pada tahap *Pre-test*, tingkat kesadaran pengguna terhadap bencana gempa bumi berada pada kategori tinggi. Selanjutnya, pada tahap *Usability Testing*, hasil evaluasi menunjukkan tingkat penilaian yang sangat baik, yang mengindikasikan bahwa responden menilai aplikasi ARSiaga memiliki kemudahan penggunaan, efektivitas, dan interaktivitas yang sangat memadai. Grafik hasil penilaian untuk aspek efektivitas, kegunaan, dan kepuasan pengguna disajikan pada bagian berikutnya. Sementara itu, pada tahap akhir (*Post-test*), hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan pemahaman dan kesiapsiagaan pengguna setelah menggunakan aplikasi ARSiaga dibandingkan dengan kondisi sebelum penggunaan aplikasi.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengembangan dan serangkaian pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa aplikasi ARSiaga merupakan media edukasi yang inovatif dan efektif dalam meningkatkan pemahaman serta kesiapsiagaan pengguna terhadap bencana gempa bumi. Pemanfaatan teknologi Augmented Reality memungkinkan penyampaian materi edukasi yang lebih imersif dan interaktif dibandingkan metode konvensional. Melalui fitur utama berupa simulasi jalur evakuasi berbasis AR di lingkungan Kampus Telkom University, panduan mitigasi bencana, serta penyajian informasi gempa dari sumber resmi, aplikasi ARSiaga mampu memenuhi kebutuhan pengguna akan panduan, edukasi, dan informasi.

REFERENSI

[1] Badan Nasional Penanggulangan Bencana, “4.940 Bencana Terjadi di Indonesia Sepanjang Tahun 2023,” indonesiabaik.id. Accessed: Jun. 19, 2025. [Online]. Available: https://indonesiabaik.id/infografis/4940-bencana-terjadi-di-indonesia-sepanjang-2023

[2] Badan Riset dan Inovasi Nasional, “Kurangi Risiko Bencana, BRIN Tekankan Pentingnya Literasi Kebencanaan Berbasis Pengetahuan Lokal,” brin.go.id. Accessed: Jun. 19, 2025. [Online]. Available: https://brin.go.id/orarbastra/posts/kabar/kurangi-risiko-bencana-brin-tekankan-pentingnya-literasi-kebencanaan-berbasis-pengetahuan-lokal

[3] W. S. Nurhaliza, W. Yasya and Q. Ayuningtyas, “Communication and Disaster Education in the Perspective of Learning Theory: A Literature Review,” *Siber Journal of Advanced Multidisciplinary,* vol. 2, no. 2, pp. 220–228, 2024.

[4] BMKG, “Antisipasi Gempa Bumi – Mitigasi” [Online]. Available: https://www.bmkg.go.id/gempabumi/mitigasi/antisipasi-gempabumi

[5] Statista, “Number of mobile augmented reality (AR) users worldwide from 2019 to 2028,” Statista, 2024. [Online]. Available: https://www.statista.com/statistics/1098630/global-mobile-augmented-reality-ar-users

[6] Statista Research Department, “AR & VR – Indonesia,” Statista, 2025. [Online]. Available: https://www.statista.com/outlook/amo/ar-vr/indonesia

[7] Z. Zulfachmi, N. Rahim, W. Rizhan, P. Rahayu and A. Saputra, "Systematic literature review of learning model using augmented reality for generation Z in higher education," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science,* vol. 39, p. 1109–1120, 2025.

[8] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), “Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.” [Online]. Available: https://bnpb.go.id/storage/app/media/uploads/migration/pubs/1.pdf

[9] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), “Pedoman No. 3 Tahun 2024 Tentang Sosialisasi Penanggulangan Bencana.” [Online]. Available: https://bnpb.go.id/storage/app/media/uploads/documents/Pedoman No 3 Tahun 2024 Tentang Sosialisasi PB.pdf

[10] F. Utama, R. Ridwan and I. Izzuddin, “Development of an Augmented Reality (AR)-Based Indoor Navigation Application for Evacuation and Emergency Handling in UIN Sunan Ampel Surabaya Building,” *International Journal of Computer and Information System (IJCIS),* vol. 5, no. 4, p. 190–198,

2024.
[11] Google, “Menggunakan anchor Geospasial untuk memosisikan konten dunia nyata di Android SDK (Kotlin/Java),” Google for Developers. [Online]. Available: https://developers.google.com/ar/develop/java/geospatial/anchors?hl=id
[12] R. E. Mayer, *Multimedia learning*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2009.