

Pelatihan Kesiapsiagaan Erupsi Merapi dan Keselamatan Berlalu Lintas Berbasis *Virtual Reality*

Muhammad Ibnu Athoillah^{*1}, Satrio Noto Negoro², Nadila Ikram³,
Herman Yuliansyah⁴, Dwi Normawati⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Magister Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta

*e-mail: 2508048022@webmail.uad.ac.id¹, 2508048023@webmail.uad.ac.id², 2507048005@webmail.uad.ac.id³,
herman.yuliansyah@uad.ac.id⁴, dwi.normawati@uad.ac.id⁵

Received:	Revised:	Accepted:	Available online:
09.08.2026	23.10.2026	25.10.2026	29.10.2026

Abstract: Primary school students in Yogyakarta face two everyday risks, volcanic eruptions of Mount Merapi and road traffic accidents, yet safety education at school is still delivered mostly through lectures. This community service program trained students and teachers of a primary school in Kotagede, Yogyakarta, using a virtual reality (VR) application on Meta Quest with two scenarios: school evacuation during a Merapi eruption and road safety. The activities consisted of preparation, an introduction to four basic controls, guided VR practice, and evaluation. Twenty-three fifth-grade students completed a retrospective pre-post, control-use, and comfort questionnaires. Perceived understanding increased from 29.00 to 35.39 out of 40 (22.0%), with significant gains in both scenarios (Wilcoxon, $p < 0.001$; $r = 0.88$). Between 91.3% and 100% of students reported being able to operate the basic controls independently, while 26.1% reported eye fatigue. Nine teachers rated the application as above-average in usability (SUS = 80.56) and very feasible for school learning (83.3%). VR-based training is feasible for primary school safety education, provided that each session is kept short.

Keywords: Disaster Preparedness, Merapi Eruption, Primary School, Road Safety, Virtual Reality

Abstrak: Siswa sekolah dasar di Yogyakarta menghadapi dua risiko sehari-hari, yaitu erupsi Gunung Merapi dan kecelakaan lalu lintas, tetapi edukasi keselamatan di sekolah masih banyak disampaikan melalui ceramah. Kegiatan pengabdian ini melatih siswa dan guru sebuah sekolah dasar di Kotagede, Yogyakarta, menggunakan aplikasi *virtual reality* (VR) pada Meta Quest dengan dua skenario, yaitu evakuasi sekolah saat erupsi Merapi dan keselamatan berlalu lintas. Kegiatan terdiri atas persiapan, pengenalan empat kontrol dasar, praktik VR dengan pendampingan, dan evaluasi. Sebanyak 23 siswa kelas V mengisi angket pemahaman retrospektif, angket kemampuan kontrol, dan angket kenyamanan. Skor pemahaman meningkat dari 29,00 menjadi 35,39 dari skor maksimal 40 (22,0%) dengan kenaikan signifikan pada kedua skenario (uji Wilcoxon, $p < 0,001$; $r = 0,88$). Sebanyak 91,3–100% siswa menyatakan mampu mengoperasikan kontrol dasar secara mandiri, sedangkan 26,1% siswa melaporkan mata lelah. Sembilan guru menilai aplikasi mudah digunakan dengan skor SUS 80,56 (di atas rata-rata) dan sangat layak digunakan (83,3%). Pelatihan berbasis VR layak diterapkan untuk edukasi keselamatan di sekolah dasar dengan durasi pemakaian yang dibatasi.

Kata kunci: Kesiapsiagaan Bencana, Erupsi Merapi, Sekolah Dasar, Keselamatan Lalu Lintas, Virtual Reality

1. PENDAHULUAN

Daerah Istimewa Yogyakarta berada di sekitar Gunung Merapi, salah satu gunung api paling aktif di Indonesia, dan kesiapsiagaan masyarakat di sekitarnya perlu dibangun melalui edukasi yang berkelanjutan (Istijono et al., 2025). Selain ancaman erupsi, anak usia sekolah juga menghadapi risiko kecelakaan lalu lintas setiap hari saat berangkat dan pulang sekolah. Dari laporan status global mengenai keselamatan jalan raya tahun 2023 menunjukkan bahwa kecelakaan lalu lintas tercatat sebagai penyebab kematian utama pada anak dan remaja berusia 5–29 tahun di dunia (*Global status report on road safety 2023*) (WHO, 2023). Kedua hal tersebut menuntut suatu kebiasaan aman yang perlu dibangun sejak usia sekolah dasar.s

Secara umum kesiapsiagaan sekolah dasar di sekitar gunung merapi dibangun melalui kegiatan sosialisasi dan simulasi evakuasi (Humaidie et al., 2025), dan kesiapsiagaan siswa di kawasan rawan bencana Merapi bisa mencapai kategori tertinggi (Wismoko Putri & Setiawati, 2024). Penelitian Rando et al (Rando et al., 2026) membuktikan bahwa kegiatan sosialisasi mitigasi erupsi yang disertai simulasi evakuasi mampu meningkatkan pemahaman siswa sekolah dasar. Kemudian edukasi keselamatan lalu lintas pada siswa sekolah dasar juga pernah dilakukan dengan menggunakan video animasi dan bermain peran (As'hal et al., 2025). Namun, perlu diketahui bahwa situasi darurat seperti evakuasi saat terjadinya erupsi atau hal-hal yang berkaitan dengan lalu lintas sangat sulit dipraktikkan langsung karena berisiko berbahaya bagi anak.

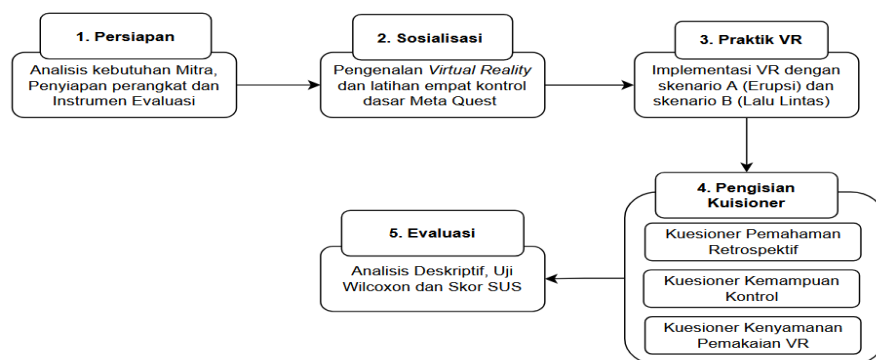
Dari permasalahan tersebut, teknologi *Virtual reality* (VR) imersif menawarkan solusi cara berlatih dalam situasi berbahaya tanpa terjadinya risiko nyata. Berdasarkan penelitian Alfian et al (Akbar et al., 2025), menjelaskan bahwa *Virtual Reality* (VR) adalah sebuah teknologi yang dapat menghubungkan pengguna untuk berinteraksi dengan dunia virtual yang dioperasikan oleh komputer dan dengan dukungan pengaturan tiga dimensi, gambar, serta suara. Beberapa kajian sistematis menunjukkan bahwa sebagian besar studi penelitian terkait penggunaan *Virtual Reality* (VR), seperti penelitian Lorusso et al (Lorusso et al., 2022S) dan Mystakidis et al (Mystakidis et al., 2022) yang menggunakan teknologi VR untuk simulasi evakuasi kebakaran gedung sekolah, dan juga untuk melatih anak menyebrang jalan dengan aman (Schwebel et al., 2024). Pada kajian yang mencakup tentang edukasi mitigasi bencana berbasis VR menunjukkan bahwa sebagian besar masih menyasar tenaga profesional, sedangkan studi yang berfokus pada masyarakat umum masih sedikit (Kimura et al., 2024). Di negara Indonesia, teknologi VR mitigasi bencana telah diaplikasikan pada siswa sekolah dasar dan madrasah ibtidaiyah (Anandhita et al., 2025; Ayunda & Rofiah, 2025; Kamil et al., 2026), adanya penerapan simulasi gempa bumi dengan teknologi VR untuk siswa sekolah menengah pertama (Krisdianto et al., 2024), termasuk kegiatan pelatihan bagi guru dalam pemanfaatan teknologi *Augmented Reality* (AR) dan *Virtual Reality* (VR) sebagai media mitigasi bencana (Syaharuddin et al., 2025).

Pihak yang menjadi mitra kegiatan ini adalah SD Muhammadiyah Kleco, Kotagede, Yogyakarta. Kemudian pihak yang menjadi sasaran awal kegiatan adalah 23 siswa kelas V dan 9 guru dengan pendamping tim penyelenggara pelatihan. Sekolah memiliki fasilitas pendukung pembelajaran digital, seperti proyektor dan akses internet yang memadai. Ditemukan beberapa kebutuhan mitra yang merupakan hasil koordinasi dengan sekolah, yaitu (1) praktik kesiapsiagaan erupsi dan keselamatan berlalu lintas sulit dilakukan secara langsung karena kondisi lingkungan dan risiko bagi siswa, (2) belum tersedia simulasi yang jelas karena situasi darurat sulit disimulasikan di sekolah, dan (3) media praktik yang dimiliki sekolah masih terbatas sehingga materi lebih banyak disampaikan secara klasikal. Kebutuhan tersebut diperoleh melalui diskusi awal dengan kepala sekolah dan wali kelas V saat koordinasi dan perizinan kegiatan.

Untuk memenuhi kebutuhan mitra tersebut, tim memberikan solusi berupa penyelenggaraan kegiatan “Pelatihan Kesiapsiagaan Bencana Erupsi Merapi dan Keselamatan Berlalu Lintas Berbasis Teknologi *Virtual Reality* (VR)”. Pelatihan tersebut memadukan materi tentang bencana erupsi merapi dan keselamatan berlalu lintas, paduan cara pemakaian *virtual reality*, serta dievaluasi melalui kuesioner. Tujuan kegiatan ini adalah (1) melatih siswa dan guru menggunakan kontrol dasar VR, (2) meningkatkan pemahaman siswa tentang kesiapsiagaan erupsi Merapi dan keselamatan berlalu lintas, serta (3) mengevaluasi kemudahan dan kenyamanan penggunaan aplikasi VR bagi siswa dan guru sekolah dasar. Evaluasi dilakukan melalui kuesioner untuk mengukur tingkat pemahaman siswa dan kemampuan Kontrol dan Kenyamanan Siswa dalam menggunakan teknologi *Virtual Reality* (VR). Target pencapaian tujuan terkait tingkat pemahaman siswa disajikan melalui Tabel 2. Sedangkan, Tabel 3 menyajikan target pencapaian tujuan terkait kemampuan kontrol dan kenyamanan siswa.

Berdasarkan pada penelitian yang pernah dilakukan, secara umum hanya membahas satu jenis ancaman bencana dan hanya mengukur hasil dari satu pihak saja. Padahal, beberapa pihak di wilayah sekitar Merapi perlu dibekali pengetahuan tentang keselamatan diri, baik dalam menghadapi potensi bencana maupun risiko kecelakaan berlalu lintas. Untuk mendukung pembelajaran teknologi *Virtual Reality* (VR), guru juga perlu memiliki pengetahuan dan disertai keterampilan dalam mengoperasikan serta mendampingi siswa selama pembelajaran, sehingga kesiapan guru menjadi faktor penting dalam pemanfaatan teknologi VR di sekolah. Studi penelitian ini menggabungkan dua tema keselamatan dalam satu aplikasi dan mengevaluasi hasilnya dari kedua sisi, yaitu pemahaman dan kemampuan kontrol siswa serta kemudahan penggunaan, serta kelayakan aplikasi bagi para guru di sekolah.

2. METODE



Gambar 1. alur kegiatan pengabdian masyarakat

Kegiatan pengabdian masyarakat dilaksanakan dalam lima tahap, yaitu persiapan, sosialisasi, praktik *Virtual Reality* (VR), pengisian kuesioner, dan evaluasi. Pada gambar 1. Menjelaskan tentang alur kegiatan yang dimulai dari tahap persiapan, tahap ini melakukan analisis kebutuhan mitra melalui diskusi dengan kepala sekolah dan wali kelas, kemudian menyiapkan perangkat, serta instrumen evaluasi. Setelah itu, dilakukannya sosialisasi pengenalan *Virtual Reality* dan melakukan pelatihan empat kontrol dasar *Meta Quest*, yaitu klik dengan tombol belakang atas (*trigger*), mengambil barang dengan menekan *trigger* dan tombol belakang bawah (*grip*) bersamaan, berjalan dengan analog kanan, dan mengubah arah hadap dengan analog kiri. Penggunaan *Meta Quest* sebagai konsol yang mendukung teknologi *Virtual Reality* (VR) (Lin et al., 2023). Memasuki tahap praktik *Virtual Reality* (VR), tahap ini dilaksanakan secara bergiliran dengan pendampingan tim pengabdian, dengan menggunakan dua skenario yang dikembangkan menggunakan *software Unity*, diantaranya adalah skenario simulasi evakuasi erupsi Merapi di sekolah dan simulasi edukasi keselamatan berlalu lintas.

Pelatihan guru dilaksanakan pada pagi hari sebelum sesi siswa dan dilanjutkan bersamaan dengan sesi siswa. Materi pelatihan guru meliputi pengenalan perangkat, cara memakai headset, latihan empat kontrol dasar, dan mencoba langsung Skenario A serta Skenario B. Seluruh guru (9 orang) mencoba kedua skenario. Pada kegiatan ini, guru belum bertugas mendampingi siswa karena pendampingan selama praktik dilakukan oleh tim pengabdian.

Selanjutnya instrumen evaluasi ditunjukkan pada Tabel 1. Pemahaman siswa diukur dengan angket retrospektif untuk sebelum-sesudah pemakaian VR. Siswa menilai pemahamannya saat sebelum dan sesudah kegiatan dilakukan. Pendekatan ini dipilih karena keterbatasan waktu pelaksanaan dan membuat siswa menilai kondisi sebelum dan sesudah dengan acuan yang sama. Tata letak butir sebelum-sesudah diketahui dapat memengaruhi jawaban responden (Hwalek et al., 2024). Sebanyak dua lembar angket diisi terbalik pada kolom sebelum dan sesudah sehingga dikoreksi saat input data. Angket ini mengukur pemahaman yang dirasakan siswa, bukan tes pengetahuan objektif. Hal yang berkaitan dengan tingkat kenyamanan pemakaian diukur melalui tiga gejala yang umum dikaitkan dengan *VR sickness*, seperti pusing, mual, dan mata lelah (Tian et al., 2022).

Tabel 1. Instrumen evaluasi kegiatan

Aspek	Responden	Instrumen	Skala	Analisis
Pemahaman	Siswa	Angket retrospektif 10 butir (5 per skenario)	1–4	Rata-rata, kenaikan (%), uji Wilcoxon, r
Kontrol VR	Siswa	6 pernyataan (laporan diri siswa)	Ya/Tidak	Persentase
Kenyamanan	Siswa	3 pernyataan (laporan diri siswa, diisi setelah kedua skenario)	Ya/Tidak	Persentase
Kemudahan	Guru	<i>System Usability Scale</i> (SUS) 10 butir	1–5	Skor SUS 0–100
Pengoperasian	Guru	5 pernyataan	Ya/Tidak	Persentase
Kelayakan	Guru	6 aspek	1–4	Persentase dan kategori

Perbedaan skor sebelum dan sesudah dianalisis dengan menggunakan uji peringkat bertanda *Wilcoxon*. Uji *Wilcoxon* adalah suatu tes non-parametrik yang berguna untuk menguji suatu perbedaan dari data yang berpasangan, mampu menguji perbandingan dan kemampuan suatu percobaan dari observasi sebelum dan sesudah diberikannya suatu perlakuan (Hartanti et al., 2024). Alasan digunakan

pengujian ini karena data berbentuk ordinal dengan jumlah responden yang kecil. Kemudian besar efek dihitung dengan formula $r = \frac{z}{\sqrt{N}}$ dengan batas 0,10 (kecil), 0,30 (sedang), dan 0,50 (besar) (Fiel Peres, 2026).

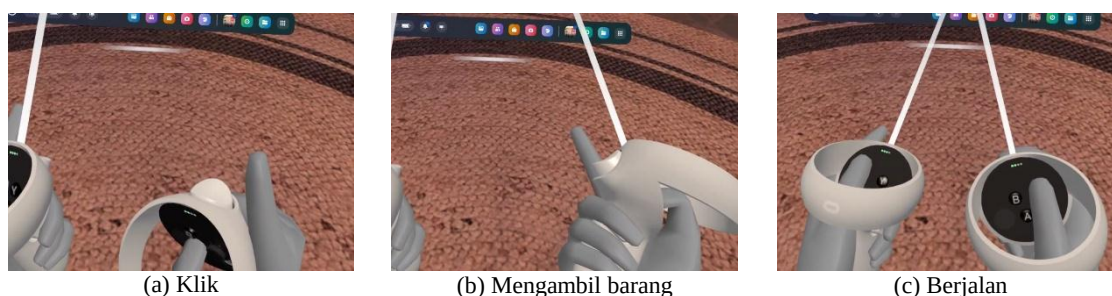
Selain itu, adanya melibatkan penggunaan *System Usability Scale* (SUS), merupakan sebuah pendekatan pengukuran *usability* atau kemudahan pengguna dari segi efisiensi dengan melibatkan pengguna akhir (*end user*) (Yakub et al., 2025). Skor ini dihitung dalam rentang 0-100, dan skor di atas 68 umumnya digunakan sebagai batas kegunaan diatas rata-rata (Vlachogianni & Tselios, 2022), (Hyzy et al., 2022). Persentase kelayakan dihitung dari jumlah skor dibagi dengan skor maksimum, lalu dikategorikan berdasarkan interval lima tingkat yang umum digunakan pada evaluasi media pembelajaran sekolah dasar, diantaranya tidak layak (0-20,00%), kurang layak (20,01-40,00%), cukup layak (40,01-60,00%), layak (60,01%-80,00%), dan sangat layak (80,01%-100%) (Aristiyati et al., 2026). Kegiatan ini dapat dinyatakan berhasil dengan beberapa kondisi, yaitu apabila (1) skor pemahaman meningkat secara signifikan, (2) minimal 80% siswa menyatakan mampu mengoperasikan setiap kontrol dasar secara mandiri, dan (3) aplikasi dinilai mudah digunakan dan layak oleh guru. Analisis deskriptif merupakan suatu pendekatan secara statistik untuk menggambarkan, meringkas, dan menyajikan data agar mudah dalam memahami tanpa melakukan pengujian hipotesa, biasanya diringkas dalam bentuk rata-rata, simpangan baku, dan rentang nilai (Faqih Rifaldy et al., 2025).

Selama pengisian kuesioner, siswa mengisi tiga jenis kuesioner, yaitu Kuesioner pemahaman retrospektif, kemampuan kontrol, dan kenyamanan pemakaian VR. Kuesioner pemahaman retrospektif berisi 10 pernyataan (5 untuk setiap skenario) yang dijawab dua kali, yaitu untuk kondisi sebelum dan sesudah bermain, dengan skala 1 (belum tahu) sampai 4 (sangat tahu). Kuesioner kemampuan kontrol berisi enam pernyataan Ya/Tidak tentang kemampuan siswa melakukan klik, mengambil barang, berjalan, berbelok, serta menyelesaikan setiap skenario tanpa bantuan. Kuesioner kenyamanan berisi tiga pernyataan Ya/Tidak tentang pusing, mual, dan mata lelah selama memakai VR. Ketiga kuesioner diisi satu kali setelah siswa mencoba kedua skenario. Setiap siswa memainkan satu skenario selama 3–7 menit dalam posisi duduk untuk menghindari risiko terbentur atau terjatuh. Praktik menggunakan empat *headset Meta Quest* secara bergiliran. Data kemampuan kontrol dan kenyamanan merupakan laporan diri (*self-report*) siswa, bukan hasil observasi fasilitator.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pelaksanaan Kegiatan

Kegiatan diawali dengan pengenalan perangkat dan latihan kontrol dasar. Setiap gerakan diperagakan oleh tim, kemudian ditirukan oleh siswa tanpa *headset* sebelum dicoba di dalam aplikasi (Gambar 2). Penyederhanaan kontrol menjadi empat gerakan memudahkan siswa mengingat fungsi setiap tombol. Sebelum sesi siswa, guru mengikuti pengenalan perangkat dan mencoba Skenario A dan Skenario B secara langsung.



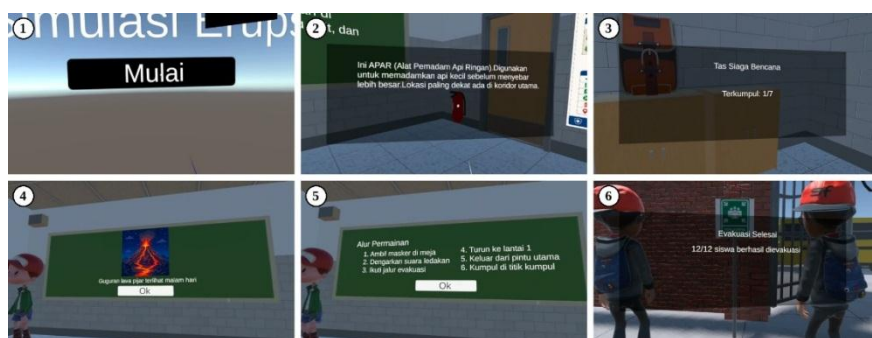
Gambar 2. Tutorial kontrol dasar dalam aplikasi: (a) klik dengan *trigger*, (b) mengambil barang dengan *trigger* dan *grip*, (c) berjalan dengan analog kanan

Praktik dilaksanakan secara bergiliran di dalam kelas (Gambar 3). Pendamping membantu memasang dan mengencangkan *headset*, lalu memandu siswa secara lisan karena siswa tidak dapat melihat lingkungan sekitar selama memakai VR. Siswa yang menunggu giliran mengamati teman yang sedang bermain.



Gambar 3. Dokumentasi kegiatan: (a) pendampingan kelompok siswa saat mencoba VR, (b) pendamping membantu memasang headset, (c) siswa berlatih kontrol di dalam kelas

Pada Skenario A, siswa berada di ruang kelas virtual (Gambar 4). Siswa menekan tombol Mulai, mengenali fasilitas keselamatan berupa APAR, rambu *exit*, dan denah evakuasi, lalu mengumpulkan tujuh barang ke dalam tas siaga bencana. Siswa kemudian mempelajari enam tanda erupsi Merapi, seperti suara gemuruh, guguran lava pijar, dan hewan liar turun gunung. Skenario diakhiri dengan prosedur evakuasi, mulai dari mengambil masker, mengikuti jalur evakuasi, turun ke lantai satu, hingga berkumpul di titik kumpul bersama teman virtual.



Gambar 4. Alur Skenario A: (1) halaman awal, (2) fasilitas keselamatan, (3) tas siaga bencana, (4) tanda erupsi, (5) prosedur evakuasi, (6) evakuasi selesai

Pada Skenario B, siswa mengambil perlengkapan berkendara berupa helm, jaket, sepatu, dan sarung tangan berdasarkan daftar barang (Gambar 5). Siswa kemudian berkendara di jalan kota dan menjawab pertanyaan tentang lampu lalu lintas. Bagian berikutnya melatih siswa sebagai pejalan kaki untuk melihat ke kanan dan kiri sebelum menyeberang di *zebra cross*, tidak bermain *handphone* saat menyeberang, serta berjalan di trotoar.

Kedua skenario disusun dengan pola yang sama, yaitu mengenali, mengumpulkan, lalu mempraktikkan. Pada tahap mengenali, siswa mengamati objek penting seperti fasilitas keselamatan, tanda erupsi, dan lampu lalu lintas. Pada tahap mengumpulkan, siswa memilih barang yang tepat untuk tas siaga bencana atau perlengkapan berkendara. Pada tahap mempraktikkan, siswa melakukan langkah keselamatan secara langsung, yaitu berjalan mengikuti jalur evakuasi atau menyeberang di *zebra cross*. Setiap tahap tersebut berkaitan dengan butir pada angket pemahaman sehingga hasil angket dapat dikaitkan langsung dengan bagian skenario yang dialami siswa.



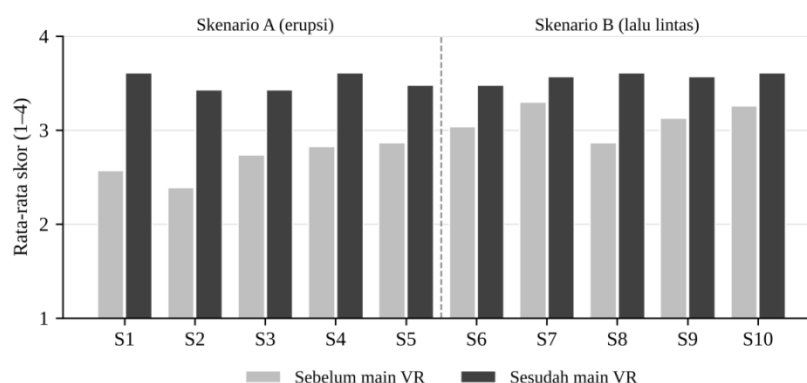
Gambar 5. Alur Skenario B: (1) halaman depan, (2) perlengkapan berkendara, (3) lampu lalu lintas, (4) menyeberang, (5) berjalan di trotoar, (6) halaman akhir

3.2 Peningkatan Pemahaman Siswa

Hasil angket pemahaman ditunjukkan pada Tabel 2. Pemahaman siswa meningkat dari 29,00 menjadi 35,39 dari skor maksimal 40 atau naik 22,0%. Jika dikonversi ke skala 0–100, skor tersebut naik dari 72,5 menjadi 88,5. Kenaikan skor total dialami oleh seluruh 23 siswa. Uji Wilcoxon menunjukkan bahwa kenaikan tersebut signifikan ($p < 0,001$) dengan besar efek kategori besar ($r = 0,88$). Kenaikan yang signifikan juga terjadi pada setiap skenario, yaitu Skenario A ($r = 0,82$) dan Skenario B ($r = 0,78$).

Tabel 2. Skor pemahaman siswa sebelum dan sesudah kegiatan ($n = 23$)

Skor	Sebelum M (SD)	Sesudah M (SD)	Kenaikan	Z	p	r
Total (10–40)	29,00 (5,32)	35,39 (4,83)	22,0%	-4,20	< 0,001	0,88
Skenario A (5–20)	13,39 (3,19)	17,57 (2,90)	31,2%	-3,93	< 0,001	0,82
Skenario B (5–20)	15,61 (3,10)	17,83 (2,31)	14,2%	-3,72	< 0,001	0,78



Gambar 6. Rata-rata skor pemahaman per butir sebelum dan sesudah kegiatan

Kenaikan pada Skenario A (31,2%) lebih besar daripada Skenario B (14,2%). Gambar 6 menunjukkan bahwa kenaikan terbesar terjadi pada butir isi tas siaga bencana (S1) dan tanda-tanda erupsi (S2), masing-masing sebesar 1,04 poin. Hal ini menunjukkan bahwa materi kesiapsiagaan erupsi relatif baru bagi siswa sehingga praktik di VR memberikan tambahan pemahaman yang besar. Pada Skenario B, skor awal siswa sudah tinggi (15,61) sehingga ruang kenaikannya lebih kecil, misalnya pada butir arti warna lampu lalu lintas (S7) yang naik 0,27 poin. Meskipun demikian, skor Skenario B tetap meningkat menjadi 17,83 dan setara dengan Skenario A (17,57).

Kenaikan pemahaman tersebut dapat dijelaskan melalui dua faktor dalam model CAMIL, yaitu rasa hadir (*presence*) dan rasa mengendalikan tindakan (*agency*) (Makransky & Petersen, 2021). Pada Skenario A, siswa tidak hanya mendengar daftar isi tas siaga, tetapi mengambil sendiri setiap barang dan berjalan mengikuti jalur evakuasi hingga titik kumpul. Keterlibatan langsung ini memberikan pengalaman yang sulit diperoleh melalui ceramah atau gambar. Temuan ini sejalan dengan kajian sistematis yang menunjukkan bahwa VR imersif cenderung menghasilkan capaian belajar yang lebih baik dibandingkan media pembandingan (Hamilton et al., 2021). Hasil ini menggambarkan capaian setelah pelatihan, sedangkan retensi pemahaman siswa dapat diukur pada kegiatan lanjutan.

Peningkatan skor pemahaman menunjukkan capaian positif setelah pelatihan, hasil tersebut perlu dibedakan dari retensi pembelajaran jangka panjang. Evaluasi dalam kegiatan ini dilakukan segera setelah siswa menggunakan kedua skenario VR melalui angket retrospektif yang mengukur pemahaman yang dirasakan, sehingga belum menunjukkan sejauh mana pengetahuan siswa dapat dipertahankan setelah beberapa waktu. Peningkatan skor juga belum dapat diartikan sebagai bukti bahwa siswa mampu menerapkan prosedur keselamatan secara tepat dalam situasi nyata. Temuan ini lebih tepat diinterpretasikan sebagai indikasi peningkatan pemahaman yang dirasakan siswa dalam konteks pelatihan, bukan sebagai bukti keberhasilan pembelajaran berkelanjutan. Pengukuran ulang pada beberapa minggu setelah kegiatan diperlukan untuk mengetahui retensi pemahaman, sedangkan penilaian kemampuan penerapan prosedur keselamatan memerlukan instrumen observasi atau simulasi yang sesuai.

Secara ringkas, pelatihan VR meningkatkan pemahaman siswa pada kedua skenario. Pada Skenario A, skor naik dari 13,39 menjadi 17,57 (31,2%), terutama pada materi isi tas siaga dan tanda erupsi. Pada Skenario B, skor naik dari 15,61 menjadi 17,83 (14,2%) sehingga mencapai tingkat yang setara dengan Skenario A. Kenaikan pada kedua skenario terbukti signifikan ($p < 0,001$) dan termasuk besar ($r = 0,82$ pada Skenario A dan $r = 0,78$ pada Skenario B).

3.3 Kemampuan Kontrol dan Kenyamanan Siswa

Tabel 3. Kemampuan kontrol dan keluhan kenyamanan menurut laporan diri siswa ($n = 23$)

Pernyataan	Jawaban Ya (n)	Persentase
Bisa klik sendiri	23	100,0%
Bisa mengambil barang sendiri	22	95,7%
Bisa berjalan sendiri	21	91,3%
Bisa berbelok sendiri	22	95,7%
Menyelesaikan Skenario A	19	82,6%
Menyelesaikan Skenario B	21	91,3%

Tabel 3 menyajikan jawaban siswa terhadap angket kemampuan kontrol dan kenyamanan. Pada empat kontrol dasar, jumlah siswa yang menjawab mampu melakukannya sendiri berkisar antara 21 dan 23 dari 23 siswa (91,3–100%). Klik dijawab mampu oleh seluruh siswa (23 siswa; 100%), mengambil barang dan berbelok masing-masing oleh 22 siswa (95,7%), sedangkan berjalan dengan analog oleh 21 siswa (91,3%). Data ini merupakan laporan diri siswa sehingga menggambarkan kemampuan yang dirasakan siswa, bukan hasil pengamatan fasilitator. Siswa yang menyatakan menyelesaikan Skenario A (19 siswa; 82,6%) lebih sedikit daripada Skenario B (21 siswa; 91,3%). Hal ini diduga karena Skenario A memiliki lebih banyak tugas, terutama pengumpulan tujuh barang tas siaga.

Tabel 4. Kenyamanan menurut laporan diri siswa ($n = 23$)

Pernyataan	Jawaban Ya	Persentase
Merasa pusing	4	17,4%
Merasa mual	1	4,3%
Mata lelah atau perih	6	26,1%

Tabel 4 menunjukkan bahwa dari 23 total siswa, jumlah keluhan paling banyak, yaitu pada pernyataan mata lelah atau perih sebanyak enam siswa (26,1%), selanjutnya sebanyak empat siswa (17,4%) merasa pusing dan satu siswa (4,3%) merasa mual. Keluhan ini dilaporkan setelah siswa memainkan kedua skenario selama 3–7 menit per skenario dalam posisi duduk. Keluhan ini sejalan dengan kajian yang menyebutkan bahwa *VR sickness* dipengaruhi oleh perangkat, konten, cara bergerak di dunia virtual, durasi pemakaian, dan kerentanan setiap individu (Tian et al., 2022). Oleh karena itu, durasi bermain per siswa perlu dibatasi dan siswa yang mengeluh perlu segera beristirahat.

Hasil kemampuan kontrol dan kenyamanan saling berkaitan. Kontrol berjalan dengan analog memiliki persentase kemandirian terendah, sedangkan perpindahan posisi di dunia virtual tanpa gerakan tubuh yang sebenarnya merupakan salah satu pemicu *VR sickness*. Penggunaan klik dan mengambil barang sebagai interaksi utama sudah tepat karena kedua kontrol tersebut paling mudah dikuasai siswa. Pada pengembangan berikutnya, jarak berjalan di dalam skenario dapat dipersingkat atau diganti dengan perpindahan langsung ke titik tertentu (*teleport*) untuk mengurangi beban kontrol berjalan sekaligus potensi pusing.

3.4 Evaluasi oleh Guru

Angket guru diisi oleh seluruh guru peserta (9 orang). Hasil evaluasi ditunjukkan pada Tabel 5. Rata-rata skor SUS sebesar 80,56 ($SD = 2,43$) dengan rentang 75,0–82,5. Seluruh guru memberikan skor di atas 68 sehingga aplikasi termasuk kategori kegunaan di atas rata-rata. Skor tersebut berada sekitar satu simpangan baku di atas nilai acuan rata-rata SUS, yaitu 68 ($SD = 12,5$). Butir dengan penilaian tertinggi adalah fitur aplikasi berjalan dengan baik (rata-rata 4,33). Butir negatif tentang aplikasi terlalu rumit dan membingungkan memperoleh rata-rata terendah (1,44). Sementara itu, butir kebutuhan bantuan teknis dan perlu belajar banyak hal memperoleh rata-rata 1,78. Hal ini

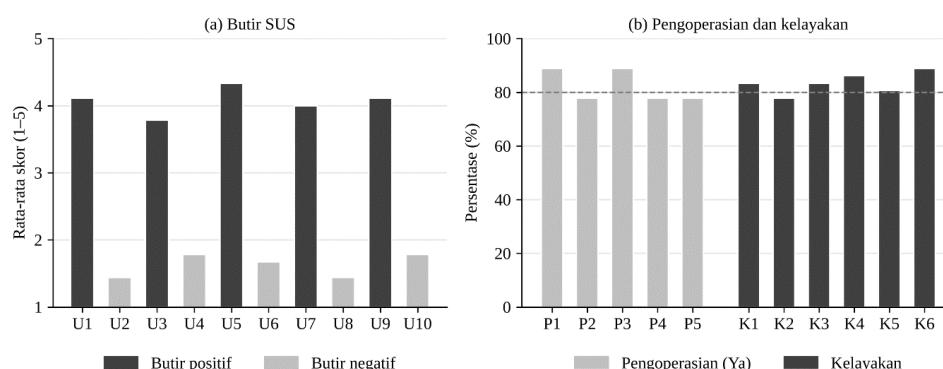
menunjukkan bahwa guru menilai aplikasi mudah digunakan, tetapi masih memerlukan pendampingan awal.

Kemampuan pengoperasian guru berada pada rentang 77,8–88,9%. Kemampuan memasang *headset* dan menjelaskan kontrol kepada siswa dimiliki oleh 88,9% guru. Kemampuan membuka aplikasi dan memilih skenario, mendampingi siswa, serta kesiapan menggunakan VR tanpa tim pengabdian masing-masing sebesar 77,8%. Hanya tiga guru (33,3%) yang menjawab Ya pada kelima pernyataan. Temuan ini sejalan dengan saran guru agar disediakan tambahan waktu untuk mencoba skenario. Data kesiapan ini berupa laporan diri guru melalui lima pernyataan Ya/Tidak setelah satu kali pelatihan, dan guru belum mempraktikkan pendampingan siswa secara langsung. Oleh karena itu, data ini belum cukup untuk menyimpulkan bahwa guru siap melanjutkan kegiatan VR secara mandiri.

Kelayakan materi dan media memperoleh persentase 83,3% dengan kategori sangat layak. Aspek tertinggi adalah kelayakan aplikasi untuk pembelajaran di sekolah (88,9%), sedangkan aspek terendah adalah kesesuaian materi keselamatan lalu lintas (77,8%) dengan kategori layak. Hasil ini sejalan dengan kenaikan pemahaman siswa pada Skenario B yang lebih kecil karena materinya sudah dikenal dalam keseharian. Dari sisi saran, tiga guru meminta petunjuk awal dalam aplikasi dibuat lebih ringkas, satu guru meminta tambahan waktu untuk mencoba skenario, tiga guru menyatakan tampilan dan kontrol sudah cukup mudah dipahami, dan dua guru tidak memberikan saran. Saran tersebut menunjukkan bahwa perbaikan yang diperlukan lebih berkaitan dengan cara penyampaian petunjuk daripada fungsi aplikasi. Secara individual, persentase kelayakan dari setiap guru berada pada rentang 79,2–91,7% sehingga tidak ada guru yang menilai aplikasi di bawah kategori layak.

Tabel 5. Hasil evaluasi guru (n = 9)

Aspek	Hasil	Kategori
Kemudahan penggunaan		
Skor SUS, M (SD)	80,56 (2,43)	Di atas rata-rata (> 68)
Pengoperasian (jawaban Ya)		
P1. Menyalakan dan memasang <i>headset</i>	8 (88,9%)	–
P2. Membuka aplikasi dan memilih skenario	7 (77,8%)	–
P3. Menjelaskan kontrol kepada siswa	8 (88,9%)	–
P4. Mendampingi siswa selama memakai VR	7 (77,8%)	–
P5. Siap menggunakan VR secara mandiri	7 (77,8%)	–
Kelayakan materi dan media		
K1. Materi erupsi Merapi sesuai kebutuhan siswa	83,3%	Sangat layak
K2. Materi lalu lintas sesuai kebutuhan siswa	77,8%	Layak
K3. Bahasa dan petunjuk mudah dipahami	83,3%	Sangat layak
K4. Tampilan menarik bagi siswa	86,1%	Sangat layak
K5. Membantu siswa memahami materi	80,6%	Sangat layak
K6. Layak digunakan di sekolah	88,9%	Sangat layak
Rata-rata kelayakan	83,3%	Sangat layak



Gambar 7. Hasil evaluasi guru: (a) rata-rata skor butir SUS (U1–U10 sesuai urutan baku SUS), (b) persentase pengoperasian (P1–P5) dan kelayakan (K1–K6) sesuai kode pada Tabel 4; garis putus-putus menandai batas 80%

Gambar 7(a) menunjukkan pola jawaban SUS yang konsisten. Seluruh butir positif memperoleh rata-rata 3,78–4,33, sedangkan seluruh butir negatif memperoleh rata-rata 1,44–1,78. Rentang skor SUS antarguru juga sempit (75,0–82,5) sehingga penilaian guru relatif seragam. Gambar

7(b) menunjukkan bahwa seluruh aspek kelayakan berada di sekitar atau di atas 80%, sedangkan tiga dari lima aspek pengoperasian masih di bawah 80%. Dengan demikian, aplikasi dinilai baik dari sisi isi dan tampilan, tetapi kesiapan guru untuk menjalankan kegiatan VR secara mandiri masih perlu ditingkatkan.

Penilaian guru juga sejalan dengan hasil pada siswa. Penilaian bahwa aplikasi mudah digunakan didukung oleh 91,3–100% siswa yang menyatakan mampu mengoperasikan kontrol dasar secara mandiri. Kesesuaian dua sumber data ini menunjukkan bahwa aplikasi dapat digunakan di sekolah mitra dengan pendampingan. Namun, keberlanjutan pemanfaatan VR oleh sekolah belum dapat dipastikan karena baru 77,8% guru yang menyatakan siap dan guru belum mempraktikkan pendampingan siswa. Kemampuan guru mendampingi siswa menjadi syarat penting karena siswa tidak dapat melihat lingkungan sekitar selama memakai headset. Oleh karena itu, pelatihan lanjutan yang mencakup praktik pendampingan siswa perlu menjadi bagian dari tindak lanjut kegiatan. Penilaian positif guru terhadap media VR juga dilaporkan pada evaluasi permainan VR kesiapsiagaan kebakaran sekolah dan kampus virtual berbasis VR.

Temuan evaluasi guru perlu dibedakan antara penerimaan terhadap media dan kesiapan untuk mempertahankan implementasi pembelajaran. Skor SUS sebesar 80,56 dan persentase kelayakan sebesar 83,3% menunjukkan penilaian positif guru terhadap kemudahan penggunaan dan kelayakan aplikasi dalam konteks sekolah mitra. Namun, kedua hasil tersebut belum menunjukkan bahwa pembelajaran VR dapat dilaksanakan secara berkelanjutan. Sebanyak 77,8% guru menyatakan siap menggunakan VR secara mandiri, tetapi penilaian tersebut masih berupa laporan diri setelah satu kali pelatihan dan belum didukung praktik pendampingan siswa secara langsung. Oleh karena itu, keberlanjutan pemanfaatan VR tidak hanya memerlukan media yang layak, tetapi juga penguatan kompetensi guru melalui praktik pendampingan, kesempatan penggunaan berulang, serta dukungan perangkat dan pengaturan waktu pembelajaran di sekolah. Evaluasi lanjutan diperlukan untuk mengetahui apakah guru benar-benar mampu menjalankan kegiatan secara mandiri dan apakah sekolah dapat mengintegrasikan pembelajaran VR dalam kegiatan pembelajaran berikutnya.

3.5 Ketercapaian Indikator Keberhasilan

Ketercapaian indikator keberhasilan yang ditetapkan pada bagian metode dirangkum pada Tabel 5. Seluruh indikator tercapai. Namun, ketercapaian ini menggambarkan capaian pelatihan dalam satu hari kegiatan, bukan dampak pembelajaran jangka panjang. Indikator kontrol dasar juga diukur melalui laporan diri siswa. Satu catatan yang tidak tercakup dalam indikator adalah kesiapan guru menggunakan VR secara mandiri (77,8%) sehingga aspek ini perlu menjadi fokus tindak lanjut.

Tabel 5. Ketercapaian indikator keberhasilan kegiatan

Indikator	Target	Hasil	Status
Pemahaman siswa	Meningkat signifikan	29,00 → 35,39; $p < 0,001$	Tercapai
Kontrol dasar oleh siswa	≥ 80% menyatakan mandiri	91,3–100%	Tercapai
Kemudahan penggunaan (guru)	Skor SUS > 68	80,56	Tercapai
Kelayakan (guru)	Minimal layak	83,3% (sangat layak)	Tercapai

Temuan evaluasi guru perlu dibedakan antara penerimaan terhadap media dan kesiapan untuk mempertahankan implementasi pembelajaran. Skor SUS sebesar 80,56 dan persentase kelayakan sebesar 83,3% menunjukkan penilaian positif guru terhadap kemudahan penggunaan dan kelayakan aplikasi dalam konteks sekolah mitra. Namun, kedua hasil tersebut belum menunjukkan bahwa pembelajaran VR dapat dilaksanakan secara berkelanjutan. Sebanyak 77,8% guru menyatakan siap menggunakan VR secara mandiri, tetapi penilaian tersebut masih berupa laporan diri setelah satu kali pelatihan dan belum didukung praktik pendampingan siswa secara langsung. Oleh karena itu, keberlanjutan pemanfaatan VR tidak hanya memerlukan media yang layak, tetapi juga penguatan kompetensi guru melalui praktik pendampingan, kesempatan penggunaan berulang, serta dukungan perangkat dan pengaturan waktu pembelajaran di sekolah. Evaluasi lanjutan diperlukan untuk mengetahui apakah guru benar-benar mampu menjalankan kegiatan secara mandiri dan apakah sekolah dapat mengintegrasikan pembelajaran VR dalam kegiatan pembelajaran berikutnya.

4. KESIMPULAN

Kegiatan Pelatihan Kesiapsiagaan Erupsi Merapi dan Keselamatan Berlalu Lintas Berbasis *Virtual Reality* (VR) bagi guru dan siswa SD Muhammadiyah Kleco, Kotagede telah dilaksanakan dan seluruh indikator keberhasilan pelatihan tercapai. Berdasarkan pelaksanaan kegiatan tersebut, dapat disimpulkan dalam beberapa poin penting, dijelaskan sebagai berikut.

1. Kegiatan pengabdian berbasis *Virtual Reality* (VR) yang melibatkan 23 siswa kelas V dan 9 guru di sekolah mitra menunjukkan adanya peningkatan pemahaman yang dirasakan siswa mengenai kesiapsiagaan erupsi Merapi dan keselamatan berlalu lintas. Skor pemahaman meningkat dari 29,00 menjadi 35,39 (22,0%; $p < 0,001$; $r = 0,88$). Kenaikan pada Skenario A (31,2%) lebih besar daripada Skenario B (14,2%), terutama karena skor awal Skenario B sudah tinggi. Hasil ini menunjukkan potensi VR sebagai media pembelajaran keselamatan yang interaktif bagi siswa sekolah dasar, meskipun dampak jangka panjangnya belum diukur.
2. Dari segi penggunaan, minimal 91,3% siswa menyatakan mampu mengoperasikan setiap kontrol dasar secara mandiri. Guru menilai aplikasi mudah digunakan dengan skor *System Usability Scale* (SUS) 80,56 dan sangat layak digunakan untuk pembelajaran dengan persentase kelayakan 83,3%. Temuan ini menunjukkan bahwa aplikasi VR berpotensi diterapkan dalam pembelajaran sekolah dasar dengan pendampingan.
3. Penerapan *Virtual Reality* (VR) masih memiliki beberapa keterbatasan. Sebanyak 26,1% siswa mengalami keluhan mata lelah sehingga durasi penggunaan perlu dibatasi dan dipantau. Selain itu, baru 77,8% guru yang menyatakan siap menggunakan VR secara mandiri dan guru belum mempraktikkan pendampingan siswa sehingga pendampingan lanjutan masih diperlukan.
4. Kegiatan berikutnya perlu menggunakan tes pengetahuan sebelum dan sesudah pelatihan, lembar observasi untuk menilai kemampuan kontrol siswa, serta pengukuran ulang beberapa minggu setelah kegiatan. Dari sisi aplikasi, perlu ditambahkan pencatatan aktivitas siswa, petunjuk awal yang lebih ringkas, dan fitur teleport untuk mengurangi pusing. Guru juga perlu mendapat pelatihan lanjutan, termasuk praktik mendampingi siswa, agar sekolah dapat menggunakan VR tanpa tim pengabdian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada kepala sekolah, guru, dan siswa SD Muhammadiyah Kleco, Kotagede, atas kesediaannya menjadi mitra kegiatan, serta kepada Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, yang telah mendukung pengabdian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, M. A. S., Astuti, I. A., & Umri, B. K. (2025). Pengembangan Aplikasi *Virtual Reality* Untuk Pembelajaran Tentang Manasik Haji. *Jurnal Ilmiah Teknologi Sistem Informasi (ITSI)*, 6(1), 19–27. <https://doi.org/10.62527/jitsi>.
- Anandhita, A. C., Wibowo, N. A., Meifa, M., Jannah, G. K. N., & Yulloh, M. A. (2025). SIMA-DIGI virtual reality-based disaster mitigation. *Devote: Jurnal Pengabdian Masyarakat Global*, 4(4), 710–715. <https://doi.org/10.55681/devote.v4i4.4793>
- Aristiyati, L. S., Fatimah, I. D., & Agustina, I. (2026). Validitas media E-BA (elektronik bahan ajar) Articulate Storyline 3 pada materi fakta dan opini mata pelajaran Bahasa Indonesia untuk siswa kelas IV. *Elementary School Journal (Jurnal Kajian Pendidikan Dasar)*, 15(1), 22–31. <https://doi.org/10.24114/2vmjcy38>
- As'hal, A. 'Azhim Al, Wikhda, M. A., Inayat, M., Sihombing, R. Y., & Auhaina, A. K. (2025). Edukasi blind spot dan literasi lalu lintas siswa sekolah dasar. *Jurnal Ilmu Pendidikan Dasar Indonesia*, 5(1), 36–45. <https://doi.org/10.51574/judikdas.v5i1.5710>
- Ayunda, D. T., & Rofiah, N. H. (2025). Media virtual reality untuk mitigasi bencana gempa bumi pada pembelajaran peserta didik dengan disabilitas intelektual. *DIDAKTIKA: Jurnal Pemikiran Pendidikan*, 31(2), 170–183. <https://doi.org/10.30587/didaktika.v31i2.10215>
- Faqih Rifaldy, F. R., M N Alfi Syahrin, M. N. A. S., M Irsan Prayoga, M. I. P., Fajar Syakbani, F. S., & Mhd. Furqan, M. F. (2025). Visualisasi Dan Statistik Deskriptif Beserta Analisis Dataset Status Gizi Balita Tahun 2022 Per Provinsi Di Indonesia Menggunakan Pemrograman R. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i3.7025>

- Fiel Peres, F. (2026). Effect sizes for nonparametric tests. *Biochemia Medica*, 36(1), 5–16. <https://doi.org/10.11613/BM.2026.010101>
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: A systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, 8(1), 1–32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>
- Hartanti, D. R., Asyah, A. R. R., Putri, S. S., Lobo, Y. G. B., Ariyani, E., Diajeng, D., Ghurri, A., Andriana, L. M., & Ningsih, A. W. (2024). ARTIKEL REVIEW : PENERAPAN WILCOXON DALAM BIDANG KEFARMASIAN. *Jurnal Farmasi IKIFA*, 3(1), 1–12. <https://epik.ikifa.ac.id/jfi/article/view/97>
- Humaidie, M. F., Wulandari, E. T., & Rosidah, I. (2025). KESIAPSIAGAAN SEKOLAH DASAR NEGERI KALIURANG 1 DALAM MENGHADAPI ERUPSI GUNUNG MERAPI (SUDI KUALITATIF). *Journal of Language and Health*, 6(2), 89–100. <https://doi.org/10.37287/jlh.v6i2.6554>
- Hwalek, M., Pierce, K., & Straub, V. (2024). Designing a questionnaire with retrospective pre-post items: Format matters. *Evaluation and Program Planning*, 103, 102411. <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2024.102411>
- Hyzy, M., Bond, R., Mulvenna, M., Bai, L., Dix, A., Leigh, S., & Hunt, S. (2022). System Usability Scale benchmarking for digital health apps: Meta-analysis. *JMIR MHealth and UHealth*, 10(8), e37290. <https://doi.org/10.2196/37290>
- Istijono, B., Fauzi, Al Giffari, M., Hadiyansyah, D., Andriani, Surjandari, N. S., Prastiyo, A., & Era, M. de L. (2025). Lessons learnt from community preparedness for Mount Merapi and Mount Marapi eruption disasters. *E3S Web of Conferences*, 604, 13004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202560413004>
- Kamil, P. A., Agustina, S., Syamsidik, S., Ridha, S., Yusuf, M. A., Fakhrana, S. Z., Puspitasari, R., & Mardianto, M. (2026). Edukasi interaktif literasi bencana Gunung Api Seulawah Agam dengan teknologi virtual reality bagi siswa madrasah ibtidaiyah. *Martabe: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9(2), 751–756. <https://jurnal.um-tapsel.ac.id/index.php/martabe/article/view/23063>
- Kimura, R., Fukushima, A., Kajiwaru, K., Sakuramoto, H., Yoshihara, S., Harada, K., Nakayama, T., & Ito, A. (2024). Scoping review of virtual reality (VR)-based disaster mitigation education. *Cureus*, 16(11), e74062. <https://doi.org/10.7759/cureus.74062>
- Krisdianto, B. F., Khairina, I., & Simandalahi, T. (2024). Enhancing disaster preparedness for junior high school students at SMPN 24 Padang City using virtual reality method. *Warta Pengabdian Andalas*, 31(1), 154–161. <https://doi.org/10.25077/jwa.31.1.154-161.2024>
- Lin, H., Gan, Z., Gan, W., Qi, Z., Wang, Y., & Yu, P. S. (2023). Interaction in Metaverse: A Survey. *Proceedings - 2023 IEEE International Conference on Big Data, BigData 2023*, 2473–2482. <https://doi.org/10.1109/BigData59044.2023.10386876>
- Lorusso, P., De Iuliis, M., Marasco, S., Domaneschi, M., Cimellaro, G. P., & Villa, V. (2022). Fire emergency evacuation from a school building using an evolutionary virtual reality platform. *Buildings*, 12(2), 223. <https://doi.org/10.3390/buildings12020223>
- Makransky, G., & Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational Psychology Review*, 33(3), 937–958. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09586-2>
- Mystakidis, S., Besharat, J., Papantzikos, G., Christopoulos, A., Stylios, C., Agorgianitis, S., & Tselentis, D. (2022). Design, development, and evaluation of a virtual reality serious game for school fire preparedness training. *Education Sciences*, 12(4), 281. <https://doi.org/10.3390/educsci12040281>
- Organization, W. H. (2023). *Global status report on road safety 2023*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240086517>
- Rando, A. R., Raji, M. N., Pali, A., & Arafat, S. (2026). Sosialisasi mitigasi bencana erupsi gunung berapi di Sekolah Dasar Inpres Paupanda 2. *Publikasi Pendidikan*, 16(2), 673–683. <https://doi.org/10.70713/publikan.v16i2.83062>
- Schwebel, D. C., Johnston, A., McDaniel, D., Severson, J., He, Y., & McClure, L. A. (2024). Teaching children pedestrian safety in virtual reality via smartphone: A noninferiority

- randomized clinical trial. *Journal of Pediatric Psychology*, 49(6), 405–412. <https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsae020>
- Syahrudin, S., Syarifuddin, S., Rusmaniah, R., & Sari, R. (2025). Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) technology training as social studies learning media on disaster mitigation materials. *Journal of Social Development*, 3(2), 101–110. <https://doi.org/10.20527/j-sod.v3i2.17094>
- Tian, N., Lopes, P., & Boulic, R. (2022). A review of cybersickness in head-mounted displays: Raising attention to individual susceptibility. *Virtual Reality*, 26(4), 1409–1441. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00638-2>
- Vlachogianni, P., & Tselios, N. (2022). Perceived usability evaluation of educational technology using the System Usability Scale (SUS): A systematic review. *Journal of Research on Technology in Education*, 54(3), 392–409. <https://doi.org/10.1080/15391523.2020.1867938>
- Wismoko Putri, R. S., & Setiawati, W. (2024). The students preparedness for Merapi eruption: Case of SMP Negeri 2 Pakem. *JIPSINDO (Jurnal Pendidikan Ilmu Pengetahuan Sosial Indonesia)*, 11(1), 10–22. <https://doi.org/10.21831/jipsindo.v11i1.65648>
- Yakub, R., Dellia, P., Zulaikha Agustina, A., Nataswa Juniar, N., & Ricka Sevia, A. (2025). Analisis Usability Pada Aplikasi Btn Mobile Dengan Menggunakan Metode System Usability Scale (Sus). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 9(3), 5164–5169. <https://doi.org/10.36040/jati.v9i3.13752>