

Geo-Vulcan Metaverse: *Virtual Learning Environment* Pada Bentang Alam Gunungapi Kelud Berbasis Spatial.io

Anna Yulia Astuti¹, Listyo Yudha Irawan^{1*}, Alfyananda Kurnia Putra¹, Dan Sumarmi¹

¹Program Studi Pendidikan Geografi, Departemen Geografi, Fakultas Ilmu Sosial, Universitas Negeri Malang, Kota Malang, Jawa Timur, Indonesia

***E-mail:** listyo.fis@um.ac.id

Received: 13 05 2025 / *Accepted:* 23 12 2025 / *Published online:* 21 01 2026

ABSTRAK

Keterbatasan teknologi dan media pembelajaran geografi menyebabkan siswa kesulitan memahami materi vulkanisme yang abstrak, sehingga diperlukan media yang dapat memvisualisasikan objek dan memberikan pengalaman imersif dalam membantu siswa memahami materi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan produk media pembelajaran Geo-Vulcan Metaverse dan mengevaluasi seberapa layak produk tersebut. Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi adalah lima langkah dalam model ADDIE yang digunakan untuk pengembangan. Informasi kuantitatif dan kualitatif dimasukkan ke dalam data yang dikumpulkan. Data diperoleh melalui kuesioner dan wawancara, serta dokumentasi kegiatan, dengan analisis data deskriptif kuantitatif dalam bentuk persentase. Uji coba kelayakan produk media pembelajaran Geo-Vulcan Metaverse dilakukan pada 36 siswa kelas XI IPS 1 di SMAN 2 Pare. Hasil validasi dari ahli materi menunjukkan persentase 87,78%, sementara validasi dari ahli media mencapai 85,53%, keduanya berada dalam kategori Sangat Layak. Respon guru tercatat sebesar 98,53%, dan pengalaman pengguna dari siswa juga memenuhi semua indikator *user experience* yang diukur. Siswa sangat tertarik dengan media Geo-Vulcan Metaverse, terlihat dari antusiasme mereka dalam berpartisipasi aktif, bertanya, dan berbagi pengalaman selama eksplorasi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa media Geo-Vulcan Metaverse tergolong sangat layak dan dapat diterapkan dalam pembelajaran geografi, khususnya untuk materi vulkanisme.

Kata Kunci: Geo-Vulcan Metaverse, Media Pembelajaran Interaktif, Vulkanisme

ABSTRACT

Limitations in technology and geography learning media have made it difficult for students to understand the abstract material of volcanism, highlighting the need for media that can visualize objects and provide an immersive experience to assist students in understanding the content. This study aims to develop the Geo-Vulcan Metaverse learning media product and evaluate its feasibility. The development follows the five steps in the ADDIE model: Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation. Both quantitative and qualitative information were included in the collected data. Data was obtained through questionnaires, interviews, and documentation of activities, with the data analyzed descriptively in percentage form. The feasibility trial of the Geo-Vulcan Metaverse learning media was conducted with 36 students from class XI IPS 1 at SMA Negeri 2 Pare. Results from material expert validation indicated a percentage of 87.78%, while media expert validation reached 85.53%, both categorized as Very Suitable. Teacher responses recorded a score of 98.53%, and the user experience from students met all measured user experience indicators. Students showed a great interest in the Geo-Vulcan Metaverse media, evident from their enthusiasm in actively participating, asking questions, and sharing experiences during the exploration. Therefore, it can be concluded that the Geo-Vulcan Metaverse media is classified as very suitable and can be applied in geography learning, specifically for the topic of volcanism.

Keywords: Geo-Vulcan Metaverse, Interactive Learning Media, Volcanism

PENDAHULUAN

Kemajuan teknologi yang pesat memberikan dampak signifikan pada berbagai aspek kehidupan, termasuk sektor pendidikan. Penerapan teknologi informasi dan komunikasi tidak terpisahkan dari aktivitas pembelajaran, yang dikenal sebagai konsep pembelajaran dan kemajuan ini berdampak pada penerapan media pembelajaran yang lebih inovatif (Irawan et al., 2024; Maritsa et al., 2021). Dalam konteks pembelajaran Geografi, tenaga pendidik dapat memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan kualitas pembelajaran (Sugerman et al., 2022; Valverde-Berrocso et al., 2021). Media pembelajaran berperan penting dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses belajar (Fradani et al., 2022; Murtado et al., 2023). Oleh karena itu, penggunaan media yang inovatif berpotensi meningkatkan minat belajar siswa yang berhubungan erat dengan hasil belajar mereka.

Metaverse telah menjadi perbincangan hangat dalam dunia teknologi. *Meta* berarti melampaui dan *verse* berarti alam semesta (Yuniansyah & Handayani, 2023). Metaverse merupakan lingkungan virtual yang dapat diakses melalui perangkat digital yang menciptakan pengalaman belajar interaktif dan imersif (Barrera & Shah, 2023). Pemanfaatan metaverse dalam proses pembelajaran dapat mengatasi keterbatasan interaksi antara siswa dan guru, terutama dalam konteks pembelajaran jarak jauh (Indarta et al., 2022). Oleh karena itu, pengembangan teknologi ini sangat penting untuk meningkatkan mutu pendidikan.

Metaverse dalam hal ini dikembangkan untuk menciptakan sebuah *Virtual Learning Environment* (VLE). VLE atau lingkungan pembelajaran virtual adalah platform yang digunakan untuk mendukung proses pembelajaran melalui

teknologi digital dalam mengatasi keterbatasan ruang dan waktu dalam pendidikan (Hamid et al., 2018). VLE dicirikan oleh lingkungan yang berbasis komputer, penggunaan internet, interaksi antar pengguna, pertukaran pandangan dan akses kepada pengguna untuk mendapatkan berbagai materi yang berguna (Wilson, 1996).

Materi vulkanisme dalam Geografi merupakan topik penting yang perlu dipelajari. Vulkanisme cukup kompleks dan berkaitan erat dengan fenomena kegunungapian yang berbahaya (Cuthbertson et al., 2020; Herlambang, 2016). Tantangan dalam pembelajaran vulkanisme meliputi sifatnya yang abstrak, keterbatasan media, dan kurangnya pengalaman langsung bagi siswa (Kurniawati et al., 2019; Seviana et al., 2023). Metaverse dapat menjadi solusi dengan menyediakan ruang virtual 3D untuk interaksi dan kolaborasi real-time (Iswanto et al., 2022; Koohang et al., 2023). Penerapan visualisasi 3D dalam metaverse dapat membantu dan mempermudah siswa dalam memahami konsep yang rumit. Selain itu, pengalaman yang menarik dapat meningkatkan keinginan dan minat siswa untuk belajar.

Pemanfaatan muatan lokal dalam pembelajaran Geografi terutama mengenai Gunungapi Kelud memberikan konteks yang relevan bagi siswa. Gunungapi Kelud merupakan gunungapi yang terletak di Indonesia dan terkenal dengan karakteristik letusan eksplosif (Irawan et al., 2019; Niasari et al., 2021). Pemanfaatan muatan lokal pada pembelajaran kontekstual dapat meningkatkan pemahaman siswa secara signifikan (Pratama & Sumardi, 2022). Fokus pada Gunungapi Kelud memungkinkan eksplorasi mendalam mengenai dinamika vulkanisme dan dampaknya terhadap kehidupan (Fatmawati et al., 2023). Dengan

demikian, konteks lokal ini sangat penting untuk meningkatkan pemahaman siswa.

Pembelajaran Geografi khususnya materi vulkanisme, memerlukan pendekatan yang informatif dan menarik. Kurikulum Merdeka menawarkan kebebasan dalam merancang metode pembelajaran yang sesuai dengan minat dan kebutuhan siswa (Agus et al., 2023; Lutfi & Anisa, 2023). Integrasi muatan lokal, seperti Gunungapi Kelud, dalam materi ajar sangat penting untuk memberikan konteks konkret (Budiastra et al., 2021). Penyesuaian perangkat pembelajaran, terutama media dengan muatan lokal, perlu dilakukan agar aktivitas pembelajaran lebih bermakna. Hal ini diharapkan dapat mencapai tujuan pembelajaran secara efektif.

Analisis kebutuhan di SMA Negeri 2 Pare pada 6 Agustus 2024 menunjukkan bahwa siswa memiliki ketertarikan pada materi vulkanisme, namun merasa materi vulkanisme cukup sulit. Siswa lebih menyukai format digital yang menarik dan menginginkan pengalaman belajar yang imersif dalam bentuk dunia virtual, terutama untuk memahami materi vulkanisme yang abstrak. Saat ini, media pembelajaran yang digunakan masih berupa powerpoint dan bahan ajar cetak. Media tersebut memiliki beberapa kelebihan seperti kemudahan akses dan penyampaian informasi yang sistematis (Inayati & Mulyadi, 2023), namun terdapat beberapa kekurangan yang disampaikan guru bahwa media tersebut cenderung kurang interaktif, tidak memberikan pengalaman visual yang mendalam dan membatasi eksplorasi konteks ruang yang diperlukan untuk memahami vulkanik secara komperhensif. Dengan demikian, sangat penting untuk memenuhi kebutuhan siswa dengan memberikan inovasi pada media pembelajaran.

Geo-Vulcan Metaverse merupakan inovasi dalam pembelajaran Geografi mengenai vulkanisme menggunakan

teknologi Spatial.io. Spatial.io menciptakan ruang virtual 3D yang imersif dan interaktif (Rasyida et al., 2023). Metaverse menciptakan lingkungan virtual di mana pengguna dapat berkolaborasi seakan-akan mereka berada di dunia nyata (Cheng et al., 2022; Heath, 2023). Generasi Z, sebagai digital native, memiliki gaya belajar yang sesuai dengan inovasi ini (Hashim, 2018; Prensky, 2010). Dalam Geo-Vulcan Metaverse, siswa dapat mengikuti kelas virtual, mengamati gunungapi, dan mengembangkan keterampilan abad ke-21.

Penelitian oleh Yuniansyah & Handayani, (2023) menunjukkan bahwa ruang kelas metaverse memiliki aksesibilitas yang baik, kejelasan dalam penyampaian materi serta mendorong motivasi siswa untuk belajar. Penelitian serupa oleh Bachri et al., (2024) menunjukkan hasil validitas sangat layak dan galeri bencana virtual berbasis metaverse berperan sebagai sistem pendukung yang berguna dalam pembelajaran Geografi khususnya terkait pendidikan bencana. Namun, pengembangan metaverse berbasis Spatial.io untuk materi vulkanisme masih terbatas, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengatasi kekurangan media interaktif yang ada dan mengoptimalkan pengalaman belajar imersif yang dibutuhkan siswa. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menciptakan produk Geo-Vulcan Metaverse dan mengukur tingkat validitas serta *user experience* (UX) dari produk Geo-Vulcan Metaverse sebagai media pembelajaran virtual pada bentang alam Gunungapi Kelud berbasis Spatial.io.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk dalam kategori *Research and Development* (R&D). Proses pengembangan ini berlandaskan model desain ADDIE, yang terdiri dari lima fase: Analisis (*Analysis*),

Desain (*Design*), Pengembangan (*Development*), Implementasi (*Implementation*), Evaluasi (*Evaluation*) (Branch, 2009). Model pengembangan ADDIE lebih efektif dalam merancang aplikasi media pembelajaran karena berfokus pada konten materi dan kelayakan aplikasi untuk digunakan siswa

secara optimal (Rahmandhani & Utami, 2022). Prosedur pengembangan media Geo-Vulcan Metaverse sebagai *virtual learning environment* pada bentang alam Gunungapi Kelud berbasis spatial.io menggunakan model pengembangan ADDIE dapat diperhatikan pada Tabel 1.

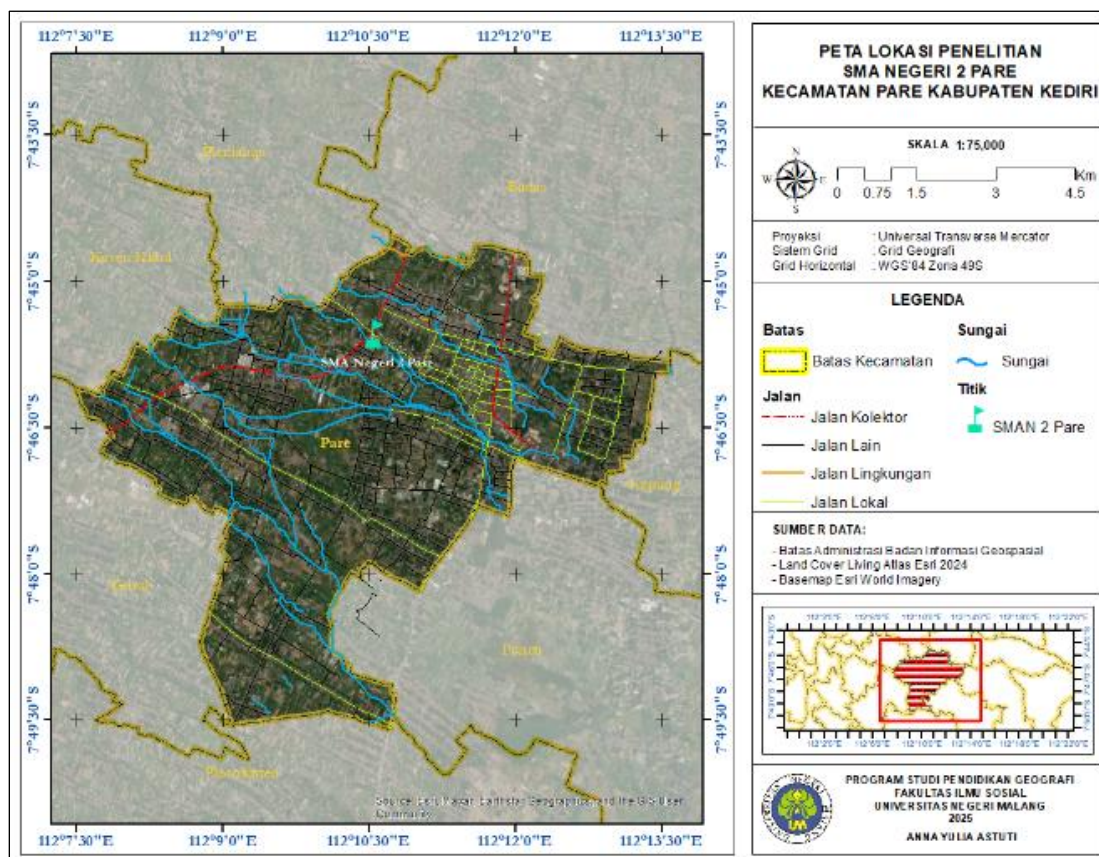
Tabel 1. Tahap Pengembangan Geo-Vulcan Metaverse Model ADDIE

No	Tahap Pengembangan	Kegiatan	Indikator Capaian
1	<i>Analysis</i>	1) Observasi sekolah 2) Analisis kebutuhan kurikulum 3) Analisis kebutuhan siswa 4) Analisis kebutuhan guru	Kondisi berupa masalah dan kebutuhan lapangan
2	<i>Design</i>	1) Desain konsep produk 2) Desain komponen produk 3) Mendesain prototipe	<i>Storyboard</i> , materi, <i>prototype</i>
3	<i>Development</i>	1) Pengembangan produk 2) Pengembangan instrumen 3) Validasi produk oleh ahli	Lembar instrumen, produk berupa media Geo-Vulcan Metaverse valid dan dapat diimplementasikan
4	<i>Implementation</i>	1) Implementasi produk kepada siswa dan guru	Respon guru dan pengalaman pengguna dari siswa
5	<i>Evaluation</i>	1) Evaluasi pengembangan produk pada setiap tahapan pengembangan	Geo-Vulcan Metaverse sebagai <i>Virtual Learning Environment</i>

Penelitian ini melibatkan 36 siswa kelas XI IPS 1 SMAN 2 Pare (Gambar 1), pada bulan Agustus – September semester Gasal 2024/2025. Siswa berperan dalam observasi, analisis kebutuhan, dan pengisian kuesioner untuk mengetahui pengalaman pengguna media Geo-Vulcan Metaverse. Teknik pengumpulan data yang digunakan mencakup penilaian ahli, kualitas produk dan pengalaman pengguna. Sehingga, untuk menjamin bahwa produk media yang dihasilkan telah sesuai dengan kebutuhan dan harapan pengguna, diperlukan instrumen pengumpulan data yang beragam. Pada tahap pengumpulan data, alat ukur ynag digunakan terdiri dari instrumen tertutup dan terbuka untuk mengetahui kelayakan produk media (Kusdiyanti et al., 2022), meliputi: 1) lembar analisis kebutuhan (*need assesment*), 2) lembar validasi ahli dan

guru mata pelajaran, dan 3) lembar angket pengalaman pengguna menggunakan *User Experience Questionnaire* (UEQ).

Teknik analisis data yang diterapkan adalah deskriptif kuantitatif. Penelitian ini mencakup data yang bersifat kualitatif dan kuantitatif (Creswell, 2013). Data kualitatif meliputi komentar, saran, dan masukan, sedangkan data kuantitatif berasal dari kuesioner validasi yang ditujukan pakar media, pakar materi, guru geografi serta hasil pengukuran UEQ oleh siswa. Analisis pertama adalah analisis lembar validasi, yang menggunakan data dari dua pakar, yaitu pakar media dan pakar materi dari dosen Departemen Geografi FIS UM. Data tersebut kemudian disajikan dengan teknik deskripsi persentase. Pengambilan keputusan dilakukan berdasarkan pedoman Skala klasifikasi seperti pada tabel uji validitas Tabel 2.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian.

Tabel 2. Kriteria Validitas

Klasifikasi Validasi	Interval
Sangat Valid	81% - 100%
Valid	61% - 80%
Cukup Valid	41% - 60%
Kurang Valid	21% - 40%
Tidak Valid	≤ 20%

Sumber: (Pranatawijaya et al., 2019)

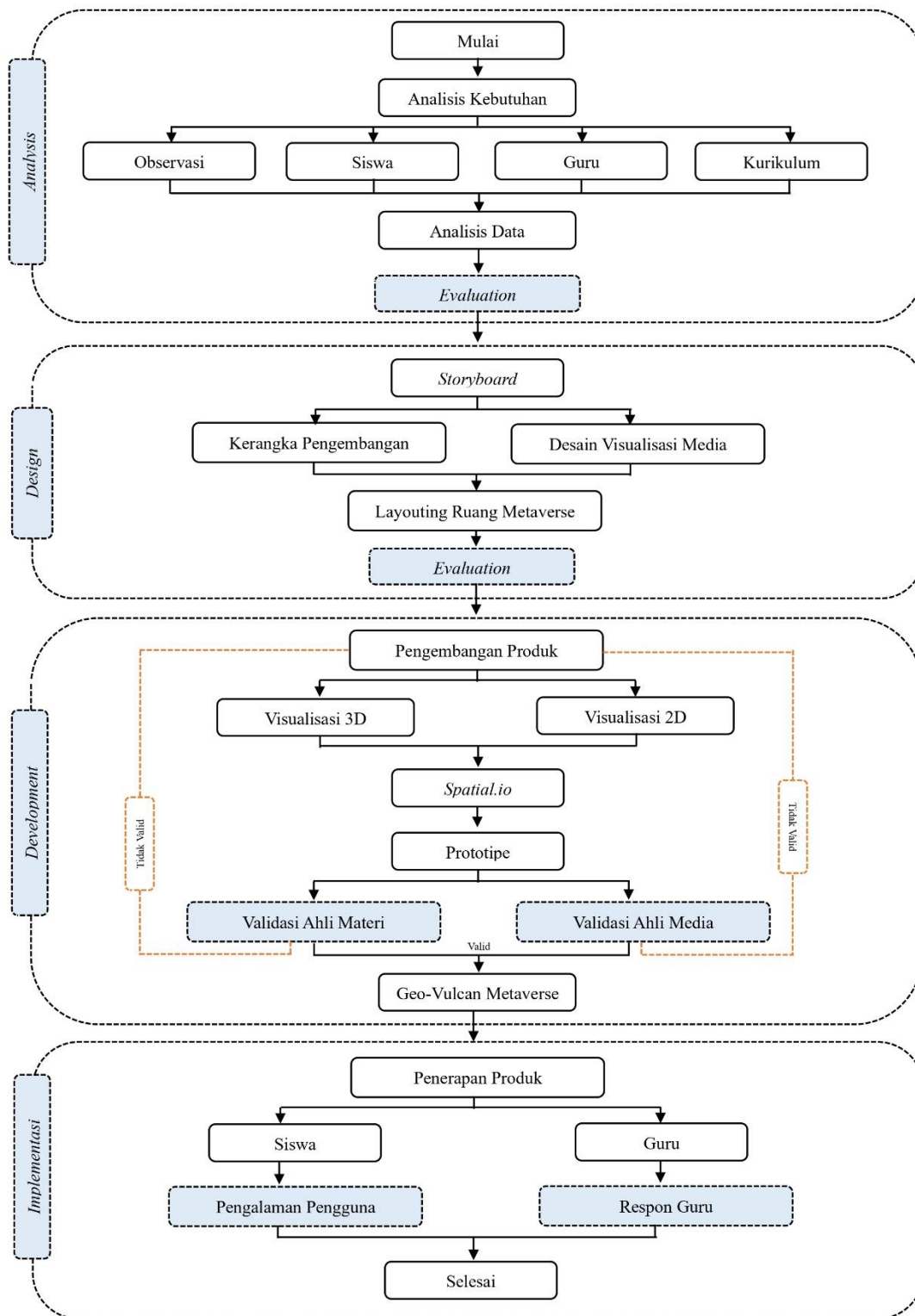
Analisis data hasil penilaian *User Experience Questionnaire* (UEQ) akan dianalisis dengan alat analisis data yang akan diunduh melalui website UEQ (<https://www.ueq-online.org/>). Analisis data UEQ dilakukan dengan menggunakan template analisis data UEQ dalam format *Microsoft Excel* (Santosa et al., 2023). UEQ

mencakup kesan komprehensif pengalaman pengguna dalam hal daya tarik, kejelasan, efisiensi, ketepatan, stimulasi, dan kebaruan. Klasifikasi patokan tolak ukur (*benchmark*) pada penilaian *User Experience Questionnaire* (UEQ) ke dalam 5 klasifikasi Tabel 3. Prosedur penelitian disajikan pada Gambar 2.

Tabel 3. Kriteria *User Experience Questionnaire*

No	Deskripsi
1	Sangat baik (<i>Excellent</i>)
2	Baik (<i>Good</i>)
3	Di atas rata-rata (<i>Above Average</i>)
4	Di bawah rata-rata (<i>Below Average</i>)
5	Buruk (<i>Bad</i>)

Sumber: (Rinabi, 2019)



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian "Geo-Vulcan Metaverse: *Virtual Learning Environment* pada Bentang Alam Gunungapi Kelud Berbasis Spatial.io" sejalan dengan alur tahapan-tahapan perancangan model ADDIE, meliputi lima fase Analisis (*Analysis*), Desain (*Design*), Pengembangan (*Development*), Implementasi (*Implementation*), Evaluasi (*Evaluation*). Media ini memuat materi Fase E yaitu memahami fenomena geosfer pada lingkungan sekitar mereka khususnya berkaitan dengan aktivitas vulkanisme. Produk pengembangan memanfaatkan teknologi metaverse dan dikemas dengan menggunakan Spatial.io. Media pembelajaran ini menyediakan lingkungan virtual yang berisi materi dalam bentuk poster, video, gambar, visualisasi 3D Gunungapi Kelud yang dapat di akses dengan mudah dan memberikan pengalaman belajar yang imersif.

Analisis (*Analysis*)

Tahap analisis merupakan langkah awal dalam mengidentifikasi kebutuhan untuk pengembangan Geo-Vulcan Metaverse sebagai media pembelajaran virtual pada lanskap Gunungapi Kelud. Hasil observasi terhadap karakteristik siswa kelas XI SMA Negeri 2 Pare menunjukkan bahwa siswa menganggap materi vulkanisme cukup sulit untuk dipelajari karena sifat materi yang kompleks dan abstrak sehingga memerlukan visualisasi objek. Ketersediaan media pembelajaran yang interaktif dan kontekstual yang minim dalam memvisualisasikan konsep-konsep abstrak menjadi salah satu penyebab hal ini terjadi (Permana & Sriyati, 2021). Selain itu, proses pembelajaran masih terfokus pada guru, sehingga tingkat partisipasi siswa tergolong rendah. Wawancara dengan guru mengungkapkan bahwa salah satu alasan terjadinya keterbatasan media pembelajaran adalah tidak cukupnya waktu untuk menyusun media dan kurangnya keterampilan guru dalam menggunakan media yang terintegrasi dengan

teknologi abad 21. Gaya belajar 45% dan 35% siswa cenderung visual auditori dan mengharapkan adanya dunia virtual yang realistis untuk menggambarkan gunungapi serta fenomena vulkanisme.

Analisis kurikulum yang dilakukan, materi vulkanisme dipilih sebagai konten untuk pengembangan pembelajaran virtual berbasis Spatial.io, mengingat materi ini menunjukkan fenomena yang abstrak dan memerlukan visualisasi. Pengetahuan tentang kegunungapian sangat penting, terutama karena Indonesia berada di jalur cincin api dunia dengan memiliki 16% gunung berapi aktif di dunia, baik di darat maupun di bawah laut (Marbun et al., 2024). Namun, terdapat keterbatasan dalam media yang digunakan untuk menyampaikan materi vulkanisme, sehingga pemahaman siswa belum optimal. Media ini dirancang dengan konsep pembelajaran virtual, memanfaatkan teknologi metaverse untuk menciptakan lingkungan yang imersif. Oleh sebab itu, media ini mampu meminimalisir keterbatasan interaksi langsung di lapangan, sehingga mampu menunjukkan situasi yang lebih mendalam mengenai keadaan di lapangan.

Integrasi teknologi dalam media pembelajaran menjadi semakin penting di era modern. Media pembelajaran berbasis teknologi, termasuk alat audio, visual, dan audiovisual, dapat meningkatkan partisipasi dan pencapaian belajar siswa (Firmadani, 2020). Penggunaan teknologi seperti metaverse dapat meningkatkan interaktivitas dan mendorong partisipasi aktif siswa, yang esensial dalam konstruksi pengetahuan (Muthmainnah et al., 2023). Selain itu, teknologi memungkinkan terciptanya pembelajaran kolaboratif, dimana siswa mampu bertukar gagasan dan saling mendukung dalam proses belajar (Chen et al., 2023). Oleh karena itu, penerapan teknologi tidak hanya memperluas pengalaman belajar, namun juga memperluas akses siswa terhadap berbagai sumber daya yang relevan, sehingga

membangun pemahaman yang lebih mendalam.

Konten di dalam Geo-Vulcan Metaverse diintegrasikan dengan pendekatan kontekstual. *Contextual Teaching and Learning* atau pendekatan kontekstual adalah konsep pembelajaran yang menyajikan materi dalam situasi nyata siswa, mendorong mereka untuk menghubungkan pengetahuan dengan aplikasinya dalam kegiatan sehari-hari (Azmir & Yolanda, 2021). Gunungapi Kelud sebagai fokus pembelajaran diharapkan dapat meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep vulkanisme, dengan cara mengintegrasikan sumber daya lokal ke dalam proses pembelajaran. Pembelajaran yang menggunakan pendekatan kontekstual dapat dilaksanakan dengan cara mengeksplorasi lingkungan sekitar sebagai bahan kajian (Putra et al., 2022).

Desain (Design)

Tahap kedua dalam pengembangan Geo-Vulcan Metaverse adalah tahap perencanaan awal produk yang disusun berdasarkan analisis kebutuhan yang dilakukan sebelumnya. Proses ini mencakup identifikasi dan perincian materi vulkanisme yang akan disampaikan, yang dituangkan dalam bentuk *storyboard*. Sesuai dengan teori konstruktivisme (Piaget, 1999), pendekatan ini dirancang agar siswa mengembangkan pemahaman melalui pengalaman nyata dan keterlibatan aktif dengan materi yang dirancang sedemikian rupa agar relevan dengan skema kognitif mereka. Penyediaan model 3D dan antarmuka pengguna yang intuitif membantu siswa terutama pada tahap perkembangan berpikir konkret, memahami konsep abstrak seperti struktur gunungapi melalui cara yang lebih jelas dan mudah dimengerti. Sehingga, perancangan antarmuka pengguna yang intuitif menjadi fokus utama untuk menciptakan pengalaman belajar yang imersif.

Penggunaan berbagai jenis media termasuk gambar, video, dan lainnya, dalam penyampaian materi akan lebih memberikan visualisasi kepada siswa karena tidak hanya terfokus pada teks dan gambar (Putra et al., 2023). Mengacu pada teori media interaktif (Mayer, 2009), penggunaan berbagai media ini mendukung *Cognitive Theory of Multimedia Learning*, dimana penggabungan teks, gambar video, dan model 3D membantu siswa memproses informasi secara lebih efektif. Teori ini menekankan pentingnya penyajian informasi secara visual dan auditori untuk meningkatkan pemahaman, daya ingat, dan keterlibatan siswa, terutama dalam mempelajari konsep abstrak seperti vulkanisme.

Materi pembelajaran disusun dengan cara yang ringkas dan jelas. Dalam proses pengembangan media Geo-Vulcan Metaverse, materi akan dipecah menjadi beberapa subtopik, yaitu proses vulkanisme, struktur gunungapi, jenis dan tipe letusan, karakteristik Gunungapi Kelud, serta mitigasi bencana erupsi gunungapi. Media pembelajaran Geo-Vulcan Metaverse ini mencakup poster, model 3D Gunungapi Kelud, dan video. Pengintegrasian berbagai media ini dapat meningkatkan keterlibatan siswa, minat belajar, serta membantu meningkatkan daya ingat dan memudahkan pemahaman materi yang diajarkan (Jonkenedi, 2017; Qurrotaini et al., 2020; Zuraidah, 2024). Tahap ini juga menghasilkan prototipe produk yang diimplementasikan dalam Spatial.io, yang berfungsi untuk menggambarkan struktur pembelajaran virtual. Prototipe ini mencakup rancangan penempatan objek, navigasi, dan kesesuaian, sehingga menciptakan lingkungan belajar yang terintegrasi.

Pengembangan (*Development*)

Desain produk yang telah dirancang kemudian dilanjutkan pada tahap pengembangan. Tahap ini berfokus pada pengembangan produk, penyusunan instrumen untuk validasi dan tanggapan dari guru, serta pengujian validitas produk yang dihasilkan dengan melibatkan para validator yang memiliki keahlian dalam bidang materi dan media. Pembelajaran virtual mengenai lanskap Gunungapi Kelud menggunakan teknologi metaverse memanfaatkan platform Spatial.io. Spatial.io adalah salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengembangkan metaverse. Proses pembelajaran di Spatial.io dilengkapi dengan fitur yang komprehensif, seperti kemampuan untuk menyajikan berbagai jenis materi pelajaran, audio, video, serta fitur-fitur lain yang menunjang kegiatan belajar mengajar (Yuniansyah & Handayani, 2023). Teknologi VR dan AR dalam metaverse menawarkan pengalaman belajar yang kaya dan menarik, yang memberikan siswa pengalaman berinteraksi dengan objek digital dan lingkungan virtual secara *real-time* (Owusu-Antwi & Amentuor, 2023; Seiari et al., 2023).

Proses pengembangan diawali dengan mendesain prototipe awal pada Spatial.io, yang melibatkan pengembangan elemen visual dan interaktif seperti visualisasi 3D Gunungapi Kelud, peta, video, dan gambar. Pada tahap pengembangan ini mengintegrasikan beberapa platform dan aplikasi pendukung untuk mengembangkan konten media. Pengembangan Geo-Vulcan Metaverse sebagai virtual learning menggunakan beberapa platform seperti 3D Mapper dan aplikasi Blender 4.2 untuk membuat model 3D Lanskap Gunungapi Kelud yang dapat dilihat pada (Gambar 3), Esembler untuk membuat visualisasi struktur gunungapi, Canva untuk mengembangkan sajian materi dengan desain yang menarik, dan WebGIS Inarisk untuk menyajikan data risiko bencana pada suatu

daerah yang direpresentasikan menggunakan peta.



Gambar 3. Tampilan *Virtual Tour* Gunungapi Kelud

Virtual learning pada Geo-Vulcan Metaverse, avatar mewakili siswa untuk berkegiatan di dunia virtual. Avatar merupakan representasi digital dari pengguna di dunia virtual yang berfungsi sebagai antarmuka antara pengguna dan dunia virtual, yang mana pengguna dapat berinteraksi dengan orang lain, menjelajahi dunia virtual, dan melakukan berbagai aktivitas seperti di dunia nyata (Gambar 4). Fitur ini mendukung pembelajaran kolaboratif, memungkinkan siswa berinteraksi dalam lingkungan yang imersif (Araya & Avila, 2018). Geo-Vulcan Metaverse juga mendukung berbagai gaya belajar dengan menyediakan berbagai media, termasuk gambar, video, infografis, poster, dan peta, yang dapat dimanfaatkan dalam kegiatan belajar tentang materi vulkanisme (Gambar 5).

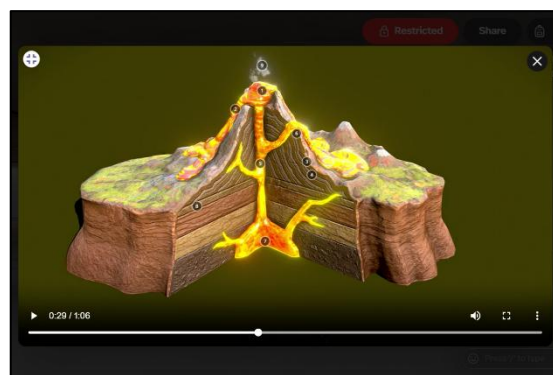
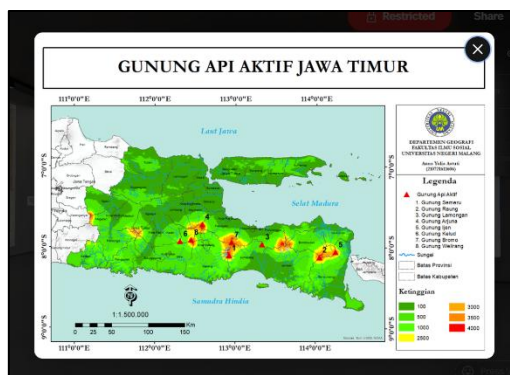
Materi yang disajikan pada Geo-Vulcan Metaverse mencakup tenaga endogen, konsep vulkanisme, jenis gunungapi, struktur gunungapi, jenis erupsi, persebaran gunungapi aktif dan mitigasi bencana erupsi gunungapi disertai karakteristik Gunungapi Kelud seperti pada (Gambar 4 dan 5). Hal ini bertujuan agar pembelajaran lebih kontekstual kepada siswa dengan menyajikan fenomena disekitar mereka (Bachri et al., 2024). Setelah melalui tahap pengembangan, media Geo-Vulcan Metaverse melalui tahap validasi oleh para validator, baik di bidang media ataupun materi. Validasi oleh ahli materi dan media dilakukan untuk menilai

tingkat kelayakan dan mengidentifikasi kelemahan pada media yang dibuat, baik dari aspek materi atau media (Yolanda & Laia, 2023). Validasi oleh ahli materi dan media

menyatakan bahwa Geo-Vulcan Metaverse tergolong sangat valid dan layak untuk diimplementasikan kepada siswa (Tabel 4 and 5).



Gambar 4. Ruang Utama dan Portal Virtual Tour



Gambar 5. Konten Materi dalam Geo-Vulcan Metaverse

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli Materi

Aspek Validasi	Persentase	Klasifikasi
Linguistik	93,33%	Sangat Valid
Materi	80,00%	Valid
Kebermanfaatan	90,00%	Sangat Valid
Rata-Rata	87,78%	Sangat Valid

Tabel 5. Hasil Validasi Ahli Media

Aspek Validasi	Persentase	Klasifikasi
Linguistik	86,67%	Sangat Valid
Daya tarik	92,00%	Sangat Valid
Kebermanfaatan	85,00%	Sangat Valid
Kenyamanan	84,00%	Sangat Valid
Relevansi	80,00%	Valid
Rata-Rata	85,53%	Sangat Valid

Berdasarkan hasil validasi yang dilakukan oleh ahli materi dari Departemen Geografi FIS UM, media Geo-Vulcan Metaverse memperoleh skor keseluruhan sebesar 87,78% (Sangat Layak). Penilaian ini mencerminkan bahwa validator menganggap materi dalam media tersebut baik dan menarik, serta kesesuaiannya dengan capaian pembelajaran yang ditetapkan. Kemudian, validasi oleh ahli media dari Departemen Geografi FIS UM memberikan skor sebesar 85,53% (Sangat Layak). Validator media menyatakan bahwa desain media Geo-Vulcan Metaverse menunjukkan kesesuaian yang tinggi dalam variasi, komposisi, serta proporsi media sebagai alat pembelajaran. Selain itu, validator media menyampaikan bahwa penambahan *virtual tour* dengan peta 3D Gunungapi Kelud berkontribusi pada pengalaman belajar yang inovatif bagi siswa.

Implementasi (Implementation)

Produk Geo-Vulcan Metaverse yang telah melalui tahap validasi kemudian dilakukan implementasi kepada siswa dan guru kelas XI IPS 1 SMAN 2 Pare. Siswa yang terlibat dalam proses uji coba berjumlah 36 siswa. Kelas XI IPS 1 dipilih berdasarkan gaya

belajar visual auditori yang diharapkan dapat memberikan respon yang baik dengan kesesuaian antara gaya belajar dan media yang dikembangkan. Proses implementasi Geo-Vulcan Metaverse diawali dengan membentuk siswa menjadi 10 kelompok dan mempersiapkan perangkat serta koneksi internet yang mumpuni untuk memastikan media dapat digunakan dengan baik dan lancar. Masing-masing siswa mengamati materi yang tersaji dan mencoba fitur *virtual tour* Gunungapi Kelud serta mengidentifikasi morfologi dan bagian-bagian gunungapi. Eksplorasi Gunungapi Kelud pada dunia virtual membantu siswa untuk mengorganisasikan teori yang telah dipelajari dan diperoleh dengan melakukan pengamatan dan praktik lapangan pada dunia virtual.

Selama kegiatan pembelajaran siswa begitu tertarik dengan media Geo-Vulcan Metaverse. Hal tersebut dibuktikan dengan antusiasme mereka dalam berpartisipasi aktif, mengajukan pertanyaan, serta berbagi pengalaman dan temuan selama eksplorasi. Siswa memperoleh pengalaman belajar baru dengan memanfaatkan teknologi metaverse (Bachri et al., 2024). Selain itu, media penggunaan Spatial.io dalam pembelajaran

berbasis metaverse terbukti efektif dalam meningkatkan minat belajar siswa. (Rasyida et al., 2023). Dengan demikian, penggunaan media Geo-Vulcan Metaverse dalam pembelajaran bukan hanya efektif dalam meningkatkan minat belajar siswa, namun juga mendukung pendekatan konstruktivistik dengan menciptakan lingkungan belajar yang aktif, kolaboratif, dan kontekstual. Ini mengindikasikan bahwa penggabungan teknologi dalam pendidikan dapat memperkaya pengalaman belajar dan mendorong pemahaman yang lebih mendalam terhadap materi yang diajarkan.

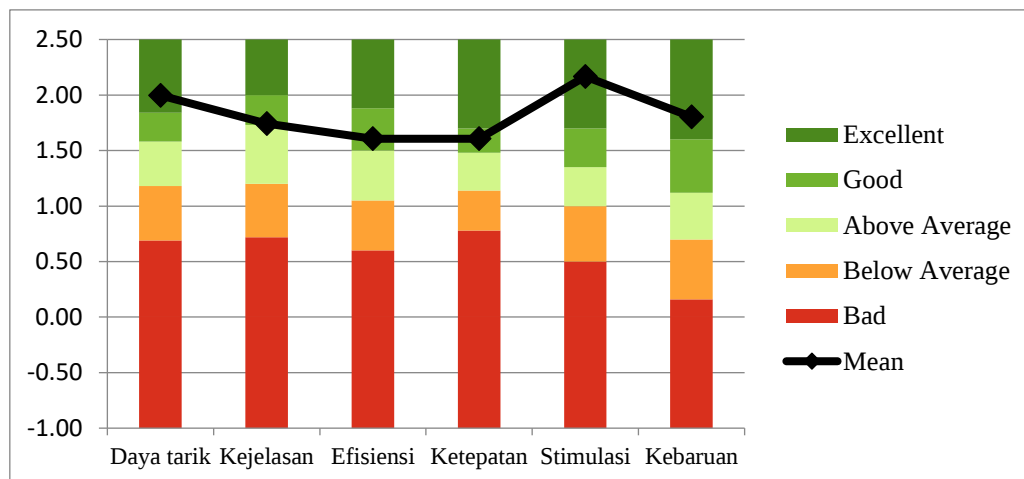
Setelah menggunakan produk Geo-Vulcan Metaverse pada guru dan siswa. Siswa dan guru kemudian mengisi instrumen yang telah disiapkan oleh peneliti, dimana guru mengisi instrumen lembar respon guru dan siswa mengisi lembar *User Experience Questionnaire* (UEQ). Hasil respon guru dan *user experience* siswa dapat dilihat pada (Table 6) (Gambar 6). Pada tabel tersebut dapat diketahui bahwa guru dan siswa memiliki respon yang baik terhadap media Geo-Vulcan Metaverse. Secara keseluruhan, respon guru terhadap media pembelajaran Geo-Vulcan Metaverse berada dalam kategori "Sangat Layak" dengan nilai rata-rata sebesar 98,53%. Sehingga dikatakan bahwa Geo-Vulcan

Metaverse layak untuk digunakan. Pada (Gambar 6) menunjukkan bahwa, Geo-Vulcan metaverse memenuhi seluruh variabel *user experience*.

User Experience Questionnaire (UEQ) merupakan alat yang sering dimanfaatkan untuk mengevaluasi pengalaman pengguna terhadap produk dan sistem (Schrepp et al., 2017). Kuesioner ini terdiri dari 26 item dan memerlukan waktu 3-5 menit untuk diselesaikan (Schrepp et al., 2017). UEQ dapat diterapkan pada berbagai konteks, termasuk platform *e-learning* (Riche & Marpaung, 2021; Wulandari & Farida, 2018). Untuk menginterpretasikan hasil UEQ secara efektif, sebuah tolak ukur telah dibuat, yang memungkinkan perbandingan skor suatu produk dengan sekumpulan besar produk lainnya (Schrepp et al., 2017). UEQ menilai berbagai elemen pengalaman pengguna, seperti daya tarik, efisiensi, dan kebaruan, serta memberikan wawasan tentang area yang mungkin memerlukan perbaikan (Wulandari & Farida, 2018). Pengukuran dengan menggunakan UEQ pada 20-30 orang sudah menghasilkan data yang cukup stabil, tetapi semakin banyak data yang dikumpulkan, semakin tepat kesimpulan yang dapat ditarik dari informasi tersebut (Schrepp, 2015).

Tabel 6. Hasil Respon Guru

Aspek Validasi	Persentase	Klasifikasi
Materi	96,67%	Sangat Valid
Pendekatan Geografi	100%	Sangat Valid
Kebermanfaatan	100%	Sangat Valid
Penggunaan	96%	Sangat Valid
Interaktifitas Media	100%	Sangat Valid
Rata-Rata	98,53%	Sangat Valid



Gambar 6. Interpretasi Hasil UEQ Geo-Vulcan Metavers

Hasil pengukuran user experience terhadap media Geo-Vulcan Metaverse menunjukkan bahwa platform ini efektif dalam menciptakan pengalaman pengguna yang menarik. Aspek daya tarik, stimulasi dan kebaruan masuk dalam kategori “*Excellent*” yang mencerminkan kepuasan pengguna terhadap desain visual dan interaksi yang disediakan. Selain itu, Geo-Vulcan Metaverse berhasil menarik minat pengguna melalui elemen interaktif dan konten inovatif. Pada aspek kejelasan, efisiensi, dan ketepatan tergolong dalam kategori “*Good*” menunjukkan bahwa informasi yang disampaikan cukup jelas dan tepat. Penelitian oleh Yuniansyah & Handayani, (2023) memperoleh hasil bahwa penggunaan Spatial.io pada proses pembelajaran Materi disampaikan secara jelas, dan akses ke kelas metaverse ini juga berjalan dengan baik.

Evaluasi (*Evaluation*)

Tahap evaluasi merupakan langkah penting untuk mengukur keberhasilan pengembangan produk dalam mencapai tujuan yang telah dirancang. Melalui evaluasi formatif dan sumatif dapat diperoleh data empiris yang berguna untuk memperbaiki dan meningkatkan produk yang dikembangkan. Setiap tahap dalam pengembangan media Geo-Vulcan Metaverse dilengkapi dengan evaluasi

formatif untuk memperbaiki media pembelajaran yang dihasilkan. Proses evaluasi ini mencakup penilaian terhadap seluruh indikator dan data yang telah dikumpulkan. Hasil dari pengembangan media pembelajaran menunjukkan bahwa validator materi memberikan persentase sebesar 87,78%, sedangkan validator ahli media memberikan skor 85,53%. Tanggapan dari guru mencapai 98,53%, dan pengalaman pengguna yang dinilai oleh siswa juga memenuhi seluruh kriteria Variabel *user experience* terdiri dari daya tarik (*attractiveness*), kejelasan (*perspicuity*), efisiensi (*efficiency*), ketepatan (*dependability*), stimulasi (*stimulation*), dan kebaruan (*novelty*). Hasil perhitungan uji kelayakan menunjukkan bahwa media pembelajaran Geo-Vulcan Metaverse secara keseluruhan sangat layak untuk dimanfaatkan oleh siswa dan guru dalam pembelajaran Geografi, terutama untuk materi vulkanisme.

KESIMPULAN.

Dari hasil penelitian dan analisis yang telah diuraikan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan bahwa seluruh tahap dalam penelitian pengembangan telah dilakukan sesuai dengan lima tahap model ADDIE. Media Geo-Vulcan Metaverse tergolong sangat layak dan dapat

dimanfaatkan dalam pembelajaran geografi, khususnya pada materi vulkanisme. Hasil validasi dari ahli materi diperoleh presentase 87,78%, sedangkan validasi dari ahli media menunjukkan persentase 85,53%, dimana keduanya termasuk dalam kategori Sangat Layak. Respon dari guru sebesar 98,53%, dan pengalaman pengguna dari siswa juga memenuhi semua variabel *user experience* yang diukur. Siswa sangat tertarik dengan media Geo-Vulcan Metaverse, terlihat dari antusiasme mereka dalam berpartisipasi aktif, bertanya, dan berbagi pengalaman selama eksplorasi. Namun, belum diketahui hasil belajar siswa pada materi vulkanisme setelah menggunakan media Geo-Vulcan Metaverse, sehingga untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar dilakukan uji efektivitas guna menilai sejauh mana media Geo-Vulcan Metaverse berpengaruh dalam proses pembelajaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, M., Purnomo, W., Fatkhurohman, A., Marifah, M., Mardiyah, S., & Supratikta, H. (2023). The Impact of Implementation of the 2013 Curriculum Transition to the Independent Learning Curriculum on Learning Interests of SMA Negeri 9 Students in South Tangerang. *Journal Of Economics, Finance And Management Studies*, 06(07). <https://doi.org/10.47191/jefms/v6-i7-16>
- Anisa, D. L. N. (2023). Implementation of Independent Learning Curriculum as A 21st Century Learning Model in Higher Education. *Manageria: Jurnal Manajemen Pendidikan Islam*, 7(2), 233–248. <https://doi.org/10.14421/manageria.2022.72-15>
- Araya, N. M., & Avila, R. S. H. (2018). Collaborative Learning Through Integration of Environments Real and Virtual-immersive. 2018 37th *International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/SCCC.2018.8705260>
- Azmir, S., & Yolanda, N. S. (2021). Pendekatan Contextual Teaching And Learning (CTL) Dalam Pembelajaran Operasi Bentuk Aljabar. *Ekasakti Educational Journal*, 1(1), 2774–5120. <https://doi.org/10.31933/eej.v1i1.165>
- Bachri, S., Hakiki, A. R. R., Sumarmi, Putra, A. K., Hidiyah, T. M., Putri, N. R., & Prastiwi, M. R. (2024). Development Of Metaverse-Based Virtual Disaster Gallery as a Support System For Disaster Education in Geography Learning. *Geography: Jurnal Kajian, Penelitian Dan Pengembangan Pendidikan*, 12(2), 933–946.
- Barrera, G. K., & Shah, D. (2023). Marketing in the Metaverse: Conceptual Understanding, Framework, and Research Agenda. *Journal of Business Research*, 155, 113420. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.113420>
- Branch, R. M. (2009). Instructional design: The ADDIE approach. In *Instructional Design: The ADDIE Approach*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-09506-6>
- Budiastra, A. A. K., Puspitasari, S., Wicaksono, I., & Erlina, N. (2021). Study of The Local Wisdom Curriculum of Geopark Belitung to Support Local Cultural Values in Context of Natural Science Learning for Elementary School. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 8(5), 692–706. <https://doi.org/10.14738/assrj.85.10280>

- Chen, X., Zou, D., Xie, H., & Wang, F. L. (2023). Metaverse in Education: Contributors, Cooperations, and Research Themes. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 16(6), 1111–1129. <https://doi.org/10.1109/TLT.2023.3277952>
- Cheng, R., Wu, N., Chen, S., & Han, B. (2022). Will Metaverse Be NextG Internet? Vision, Hype, and Reality. *IEEE Network*, 36(5), 197–204. <https://doi.org/10.1109/MNET.117.2200055>
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2013). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage publications.
- Cuthbertson, J., Stewart, C., Lyon, A., Burns, P., & Telepo, T. (2020). Health Impacts of Volcanic Activity in Oceania. *Prehospital and Disaster Medicine*, 35(5), 574–578. <https://doi.org/10.1017/S1049023X2000093X>
- Fatmawati, F., Yusrizal, Y., Mustadi, A., & Abidin, Y. (2023). Improving Student's Science Literacy Capabilities Through Utilizing the Natural Environment. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(6). <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i6.4145>
- Firmadani, F. (2020). Media Pembelajaran Berbasis Teknologi Sebagai Inovasi Pembelajaran Era Revolusi Industri 4.0. *KoPeN: Konferensi Pendidikan Nasional*, 1.
- Fradani, A. C., Stevani, F., & Kurniawan, A. (2022). Eksperimentasi Model Pembelajaran Self-Direct Learning dengan Media Pembelajaran Berbasis Komik Digital. *Perspektif Pendidikan Dan Keguruan*, 13(1), 80–87. [https://doi.org/10.25299/perspektif.2022.vol13\(1\).10022](https://doi.org/10.25299/perspektif.2022.vol13(1).10022)
- Hamid, Z., Peng, C. F., Shaharom, M. S. N., Ter, T. C., & Raman, K. (2018). The Concept and Use of the Virtual Learning Environment in Teaching: A Literature Review. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 8(6). <https://doi.org/10.6007/ijarbss/v8-i6/4517>
- Hashim, H. (2018). Application of Technology in the Digital Era Education. *International Journal of Research in Counseling and Education*, 1(2), 1. <https://doi.org/10.24036/002za0002>
- Heath, D. R. (2023). The Metaverse and how it will revolutionize everything. *Journal of Information Technology Case and Application Research*, 25(1), 98–101. <https://doi.org/10.1080/15228053.2022.2136927>
- Herlambang, F. (2016). Pengembangan Multimedia Pembelajaran Kegunungapian Berbasis Android di Museum Gunung Api Merapi. *E-Jurnal Skripsi Program Studi Teknologi Pendidikan*, 5(7), 308–317.
- Irawan, L. Y., Arinta, D., Suprianto, A., & Masruroh, B. (2024). Pendidikan Pengembangan Edukit Fotogrametri Digital sebagai Inovasi Pembelajaran PPG Prajabatan Geografi dalam Matakuliah Teknologi Baru dalam Pengajaran dan Pembelajaran. *Belantika Pendidikan*, 7(2), 92–100. <https://doi.org/https://doi.org/10.47213/bp.v7i2.370>
- Irawan, L. Y., Sumarmi, Bachri, S., Sari, A. R. O., Wahyudi, A., Ayuni, I. K., Lailunnahar, S., & Dirgantara, S. D. (2019). Constructing Volcanic Hazard Video Toward Student Comprehension of Kelud Volcano Disaster Prone Area And Its Environment Characteristics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 273(1), 012032.

- <https://doi.org/10.1088/1755-1315/273/1/012032>
- Iswanto, Putri, N. I., Widhiantoro, D., Munawar, Z., & Komalasari, R. (2022). Pemanfaatan Metaverse Di Bidang Pendidikan. *TEMATIK*, 9(1), 44–52.
<https://doi.org/10.38204/tematik.v9i1.904>
- Jonkenedi. (2017). Penggunaan Media Tiga Dimensi Untuk Meningkatkan Keaktifan Siswa Dalam Pembelajaran IPA. In *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar Edisi* (Vol. 6).
- Koohang, A., Nord, J. H., Ooi, K.-B., Tan, G. W.-H., Al-Emran, M., Aw, E. C.-X., Baabdullah, A. M., Buhalis, D., Cham, T.-H., Dennis, C., Dutot, V., Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Mogaji, E., Pandey, N., Phau, I., Raman, R., Sharma, A., Sigala, M., ... Wong, L.-W. (2023). Shaping the Metaverse into Reality: A Holistic Multidisciplinary Understanding of Opportunities, Challenges, and Avenues for Future Investigation. *Journal of Computer Information Systems*, 63(3), 735–765.
<https://doi.org/10.1080/08874417.2023.2165197>
- Kurniawati, M., Santana Purba, H., & Kusumawati, E. (2019). Penerapan Blended Learning Menggunakan Model Flipped Classroom Berbantuan Google Classroom Dalam Pembelajaran Matematika SMP. *EDU-MAT: Jurnal Pendidikan Matematika*, 7(1), 8–19.
- Kusdiyanti, H., Karkono, Sopingi, Febrianto, I., Wijaya, R., & Agustina, N. I. (2022). Development of Edu-Kit Media for Entrepreneurship Learning based on Gamification Model Toward Disruptive Education. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 16(04), 17–29.
- <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i04.28985>
- Mahfida Inayati, & Mulyadi, M. (2023). Evaluasi Media Pembelajaran Materi Fikih Madrasah Aliyah. *Pedagogika: Jurnal Ilmu-Ilmu Kependidikan*, 3(1), 16–27.
<https://doi.org/10.57251/ped.v3i1.946>
- Marbun, G. J. H., Bambang Susetyarto, M., & Tundono, S. (2024). Struktur dan Konstruksi Tahan Gempa sebagai Gagasan Eksplorasi Bentuk Bangunan Pusat Evakuasi. *Metrik Serial Teknologi Dan Sains*, 5(1), 49–56.
<https://doi.org/10.51616/teksi.v5i1.512>
- Maritsa, A., Hanifah Salsabila, U., Wafiq, M., Rahma Anindya, P., & Azhar Ma'shum, M. (2021). Pengaruh Teknologi Dalam Dunia Pendidikan. *Al-Mutharahah: Jurnal Penelitian Dan Kajian Sosial Keagamaan*, 18(2), 91–100.
<https://doi.org/10.46781/al-mutharahah.v18i2.303>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.
- Murtado, D., Hita, I. P. A. D., Chusumastuti, D., Nuridah, S., Ma'mun, A. H., & Yahya, M. D. (2023). Optimalisasi Pemanfaatan Media Pembelajaran Online Sebagai Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Siswa di Sekolah Menengah Atas. *Journal on Education*, 6(1), 35–47.
<https://doi.org/10.31004/joe.v6i1.2911>
- Muthmainnah, Al Yakin, A., & Ibna Seraj, P. M. (2023). Impact of Metaverse Technology on Student Engagement and Academic Performance: The Mediating Role of Learning Motivation. *International Journal of Computations, Information and Manufacturing (IJCIM)*, 3(1), 10–18.

- <https://doi.org/10.54489/ijcim.v3i1.234>
- Niasari, S. W., Nugraheni, L. R., & Maghfira, P. D. (2021). The b-value of the Kelud Volcano in the Last Three Decades. *E3S Web of Conferences*, 325, 01019. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132501019>
- Owusu-Antwi, K., & Amenuvor, F. E. (2023). Understanding the Metaverse: A Review of Virtual Worlds and Augmented Reality Environments. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 42(23), 42–48. <https://doi.org/10.9734/cjast/2023/v42i234172>
- Permana, R. A. H. A., & Sriyati, S. (2021). Persepsi Guru Ilmu Pengetahuan Alam Terhadap Materi yang Diajarkan. *Jurnal Studi Guru Dan Pembelajaran*, 4.
- Piaget, J. (1999). *The Construction Of Reality In The Child*. Routledge.
- Pranatawijaya, V. H., Widiatry, W., Priskila, R., & Putra, P. B. A. A. (2019). Penerapan Skala Likert dan Skala Dikotomi Pada Kuesioner Online. *Journal Sains Dan Informatika*, 5(2), 128–137.
- Pratama, A., & Sumardi, M. S. (2022). Contextual Teaching and Learning Using Local Content Material on Students' Reading Comprehension at a Junior High School in Indonesia. *SALEE: Study of Applied Linguistics and English Education*, 3(2), 184–194. <https://doi.org/10.35961/salee.v3i2.494>
- Prensky, M. R. (2010). *Teaching digital natives: Partnering for real learning*. Corwin press .
- Putra, A. K., Anggraini, R. D., Sahrina, A., & Khalidy, A. D. (2023). Genius Solar System: Media Pembelajaran Geografi Berbasis Interactive Multimedia untuk Siswa SMA. *Geodika: Jurnal Kajian Ilmu Dan Pendidikan Geografi*, 7(2), 165–174. <https://doi.org/10.29408/geodika.v7i2.14519>
- Putra, A. K., Purwanto, P., Islam, M. N., Hidayat, W. N., & Fahmi, M. R. (2022). Development of Mobile Virtual Field Trips in Ijen Crater Geosites Based on 3600 Auto Stereoscopic and Geospatial Technology As Geography Learning Media. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 41(2), 456–463. <https://doi.org/10.30892/gtg.41216-850>
- Qurrotaini, L., Sari, T. W., Sundi, V. H., & Nurmalia, L. (2020). Efektivitas Penggunaan Media Video Berbasis Powtoon dalam Pembelajaran Daring. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian LPPM UMJ*. <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaslit>
- Rahmandhani, H. N., & Utami, E. (2022). Comparative Analysis of ADDIE and ASSURE Models in Designing Learning Media Applications. *Jurnal Educative: Journal of Educational Studies*, 7(2), 123. <https://doi.org/10.30983/educative.v7i2.6005>
- Rasyida, R., Nurdin, E. A., & Rasim, R. (2023). Pembelajaran Berbasis Metaverse–Virtual Reality Menggunakan Spatial. io dengan Model Discovery Learning untuk Meningkatkan Minat dan Pemahaman Siswa. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(2), 15875–15882.
- Riche, R., & Marpaung, S. H. (2021). Evaluasi Pengalaman Pengguna dengan Menggunakan User Experience Questionnaire Perpustakaan Digital. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 5(4), 1345.

- <https://doi.org/10.30865/mib.v5i4.3270>
- Rinabi, V. (2019). Analisis Model Human Computer Interaction Untuk Mengukur User Experience Pada Sistem Informasi Akademik (Studi Kasus: UC Student Application). *Jurnal Sistem Cerdas Dan Rekayasa*, 1(1).
- Santosa, P. I., Murnani, S., Yulianandra, P. V., & Wibirama, S. (2023). Observing Cognitive Load During Online Learning with Various Task Complexities: An Eye Tracking Approach. *International Journal of Innovation and Learning*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.1504/IJIL.2023.10051446>
- Schrepp, M. (2015). *User Experience Questionnaire Handbook*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2815.0245>
- Schrepp, M., Hinderks, A., & Thomaschewski, J. (2017). Design and Evaluation of a Short Version of the User Experience Questionnaire (UEQ-S). *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 4(6), 103. <https://doi.org/10.9781/ijimai.2017.09.001>
- Seiari, S., Kaabi, H., & Al-Karaki, J. N. (2023). Exploring Immersive Learning in the Metaverse: A Prototype for Interactive Virtual Classroom. 2023 *International Conference on Intelligent Metaverse Technologies & Applications (IMETA)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/iMETA59369.2023.10294515>
- Seviana, R., Suharto, Y., Rosyida, F., & Masitoh, F. (2023). Aplikasi Volcano Berbasis Android Pada Materi Vulkanisme Sebagai Media Microlearning Geografi. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Profesi Guru*, 6(1), 196–208. <https://doi.org/10.23887/jippg.v6i1.59506>
- Sugerman, S., Hasan, H., & Mawardi, A. (2022). Pengaruh Model Self-Directed Learning di Era Merdeka Belajar terhadap Kemampuan Menulis Cerpen Siswa SMAN 1 Dompu. *Ainara Journal (Jurnal Penelitian Dan PKM Bidang Ilmu Pendidikan)*, 3(3), 151–159. <https://doi.org/10.54371/ainj.v3i3.159>
- Valverde-Berrococo, J., Fernández-Sánchez, M. R., Revuelta Dominguez, F. I., & Sosa-Díaz, M. J. (2021). The educational integration of digital technologies preCovid-19: Lessons for teacher education. *PLOS ONE*, 16(8), e0256283.
- Wilson, B. G. (1996). *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design* (B. G. Wilson, Ed.; 1st ed.). Educational Technology Publication.
- Wulandari, I. R., & Farida, L. D. (2018). Pengukuran user experience pada e-Learning di Lingkungan Universitas Menggunakan User Experience Questionnaire (UEQ). *Jurnal Mantik Penusa*, 2(2).
- Yuniansyah, Y., & Handayani, F. S. (2023). Analisis User Experience terhadap Ruang Kelas Berbasis Metaverse Menggunakan Spatial. Io. *JSR: Jaringan Sistem Informasi Robotik*, 7(2), 263–269.
- Zuraidah, R. A. (2024). Pengaruh Penggunaan Media Poster Pada Mata Pelajaran Pendidikan Pancasila Untuk Meningkatkan Minat Belajar Siswa Kelas IV SD Negeri Selorejo. *Soko Guru: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 4(1), 39–53