

Transformasi Pendidikan Kebencanaan di Sekolah Dasar melalui Virtual Disaster Simulation: Upaya Penguatan Literasi Bencana

Syamsul Bachri¹, Tabita May Hidiyah², A. Riyan Rahman Hakiki³, Nanda Regita Cahyaning Putri⁴, Mellinia Regina Heni Prastiwi⁵

Universitas Negeri Malang^{1,2,3,4,5}

syamsul.bachri.fis@um.ac.id¹, tabita.may.2107218@students.um.ac.id²,
ariyan.rahman.2107218@students.um.ac.id³, nanda.regita.1907226@students.um.ac.id⁴,
mellinia.regina.1907226@students.um.ac.id⁵

Abstract

Early disaster literacy is essential in fostering preparedness among elementary school students, particularly in disaster-prone areas such as the vicinity of Mount Raung. However, disaster education in schools is often limited to conventional approaches that fail to fully engage young learners. This community service program aimed to enhance students' knowledge and preparedness at SDN 3 Jambewangi through an educational initiative based on Virtual disaster simulation. The program was implemented in three main phases: preparation, implementation, and evaluation. During the implementation phase, students received basic disaster knowledge and participated in virtual simulations using Virtual Reality (VR) technology that depicted interactive disaster scenarios. The results demonstrated significant improvements in students' understanding of disaster concepts, active engagement during simulation sessions, and their ability to articulate mitigation procedures independently. In addition, the project included the installation of evacuation routes and assembly points within the school environment as a form of infrastructure support. Overall, this program successfully provided an immersive and contextual learning experience, while strengthening the school's preparedness system in facing potential natural disasters.

Keywords: *disaster literacy; virtual disaster simulation; disaster mitigation; virtual reality.*

Abstrak

Literasi kebencanaan sejak dini sangat penting dalam membentuk kesiapsiagaan siswa sekolah dasar terhadap risiko bencana, khususnya di wilayah rawan seperti sekitar Gunung Raung. Namun, pendekatan edukasi kebencanaan di sekolah masih didominasi oleh metode konvensional yang kurang menarik bagi anak-anak. Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan kesiapsiagaan siswa SDN 3 Jambewangi melalui program edukasi berbasis *Virtual disaster simulation*. Program ini dilaksanakan dalam tiga tahapan: persiapan, pelaksanaan, dan evaluasi. Pada tahap pelaksanaan, siswa diberikan materi dasar kebencanaan dan dilibatkan dalam simulasi virtual menggunakan teknologi *Virtual Reality* (VR) yang menyajikan skenario bencana secara interaktif. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pemahaman siswa terhadap konsep kebencanaan, partisipasi aktif selama simulasi, serta kemampuan mereka dalam menjelaskan prosedur mitigasi secara mandiri. Selain itu, kegiatan ini juga dilengkapi dengan pemasangan jalur evakuasi dan titik kumpul di lingkungan sekolah sebagai bentuk dukungan

infrastruktur. Secara keseluruhan, program ini berhasil menciptakan pembelajaran yang imersif dan kontekstual, serta memperkuat kesiapsiagaan sekolah menghadapi bencana.

Kata Kunci: literasi bencana; *virtual disaster simulation*; mitigasi bencana; *virtual reality*.

A. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang secara geografis terletak di pertemuan tiga lempeng tektonik aktif dunia, yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Posisi strategis ini menjadikan Indonesia sebagai wilayah dengan aktivitas geologi yang sangat dinamis (Gautama et al., 2022; Marliyani et al., 2020). Selain itu, wilayah Indonesia juga dilalui oleh dua jalur pegunungan api utama dunia, yaitu Sirkum Mediterania dan Sirkum Pasifik, yang dikenal sebagai bagian dari Cincin Api Pasifik (Ring of Fire) (Wibowo et al., 2023). Akibat dari kondisi geologis ini, Indonesia memiliki banyak gunung api yang berpotensi tinggi terjadi bencana, utamanya akibat aktivitas vulkanik, seperti letusan gunung berapi (Virkhansa et al., 2019). Namun, di sisi lain, dinamika geologi tersebut juga memberikan kekayaan sumber daya alam yang melimpah, termasuk tanah yang subur.

Daerah dengan sumber daya alam melimpah dan tanah yang subur menjadi salah satu pilihan untuk dijadikan sebagai tempat untuk bertahan hidup. Masyarakat memilih atau dengan sengaja tinggal di kawasan yang rentan terhadap bencana seperti di sekitar gunung api. Pertumbuhan penduduk yang semakin tinggi di Kawasan gunung api berdampak pada peningkatan kebutuhan lahan untuk sarana permukiman dan aktivitas lainnya (Kurniawan et al., 2020). Salah satu wilayah yang memiliki risiko terhadap bencana gunung api adalah area sekitar Gunung Raung di Jawa Timur.

Gunung Raung merupakan gunung api aktif yang memiliki tipe stratovolcano

dengan ketinggian mencapai 3.332 mdpl dan termasuk tipe erupsi vulkanik-strombolian dengan ciri letusan eksplosif (Kaneko et al., 2019). Gunung Raung termasuk salah satu gunung yang masih aktif dengan rentetan erupsi yang tercatat paling dahsyat yakni pada tahun 2015 (Kaneko et al., 2019; Stevany et al., 2016). Erupsi terakhir Gunung Raung terjadi pada 24 Desember 2024 dengan tinggi kolom abu teramati kurang lebih 2.000 meter di atas puncak (PVMGB, 2024). Aktivitas gunung api yang fenomenanya cenderung dapat diprediksi, menjadikan pentingnya memberikan pemahaman kepada masyarakat terkait literasi bencana. Literasi bencana dapat diartikan sebagai pengetahuan atau pemahaman terkait bencana, seperti dalam mengambil tindakan-tindakan untuk mengurangi pengaruh/resiko dari suatu bahaya (Rahmat et al., 2023; Labudasari et al., 2020).

Pemahaman terkait bencana yang rendah menyebabkan anak-anak menjadi salah satu elemen yang paling rentan. Anak-anak kurang mengetahui tindakan apa yang harus dilakukan dalam menghadapi situasi darurat saat bencana (Ammelia et al., 2022; Desilia et al., 2023). Minimnya pemahaman anak-anak ini sering kali menyebabkan kerugian yang lebih besar saat bencana terjadi. Literasi bencana sejak dini utamanya di kalangan siswa sekolah dasar perlu ditingkatkan agar mereka mampu mengenali risiko, memitigasi dampak, serta mengambil langkah-langkah perlindungan yang sesuai (Triastari et al., 2021; Astuti et al., 2021). Namun, dalam praktiknya, pendekatan

pembelajaran literasi bencana di sekolah sering kali kurang inovatif dan belum mampu menarik perhatian siswa secara maksimal.

Kemajuan teknologi saat ini menawarkan peluang besar untuk menciptakan media dan metode pembelajaran yang interaktif dan menarik, salah satunya yakni melalui simulasi virtual. Program edukasi berbasis *virtual disaster simulation* dapat menjadi solusi efektif untuk meningkatkan pemahaman siswa tentang bencana, karena memungkinkan siswa untuk mengalami situasi bencana secara virtual tanpa risiko nyata (Rajabi et al., 2022; Yanuar et al., 2021). Simulasi ini juga dapat mengajarkan keterampilan praktis seperti cara berlindung, evakuasi, dan pengenalan tanda-tanda awal bencana dengan cara yang menyenangkan dan mudah diingat.

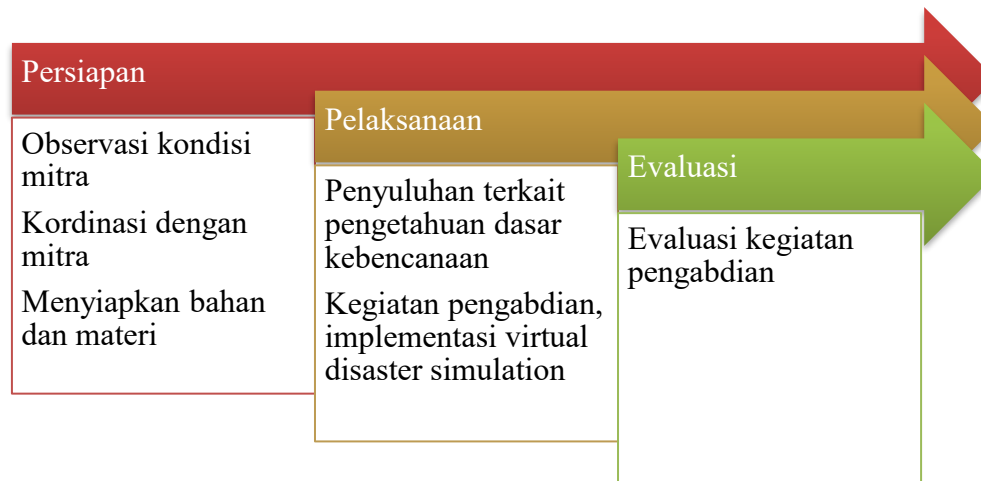
SDN 3 Jambewangi merupakan salah satu sekolah dasar yang lokasinya berada di Dusun Tlogosari, Desa Jambewangi, Kecamatan Sempu, Kabupaten Banyuwangi. SDN 3 Jambewangi terletak di kaki gunung api Raung. Lokasi tersebut menjadikan SDN 3 Jambewangi beresiko terhadap bencana gunung api. Berdasarkan kejadian erupsi gunung api Raung terakhir tahun 2024, SDN 3 Jambewangi terdampak hujan abu vulkanik hasil erupsi gunung api Raung. Dampak tersebut berakibat mengganggu aktivitas pembelajaran. Perlunya edukasi literasi bencana gunung api dan mitigasi bencana sejak dini untuk mengurangi dampak resiko bencana gunung api Raung.

Solusi yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut yakni melalui edukasi berbasis *virtual disaster simulation*. Hal ini dikarenakan anak-anak

memiliki karakteristik yang beragam. Salah satu kegiatan yang disukai anak-anak adalah pembelajaran yang menarik dan menyenangkan. Melalui edukasi yang menarik, anak dapat menerima berbagai rangsangan yang dapat bermanfaat bagi kehidupannya di masa yang akan datang (Rahman et al., 2024; Mutoharoh et al., 2024). Pada umumnya anak sangat menyukai kegiatan yang menyenangkan, sehingga melalui hal tersebut anak dapat belajar memahami lingkungan sekitarnya, yang mana kegiatan tersebut dilakukan dengan senang hati, tanpa paksaan, penuh imajinasi, dan menggunakan seluruh anggota tubuh (Putriani et al., 2023; Rusilowati & Binadja, 2012; Yanuar et al., 2021). Salah satu pembelajaran yang dapat menarik perhatian anak dan dapat terlibat langsung tanpa adanya risiko berbahaya saat di lapangan yakni *virtual disaster simulation*.

B. PELAKSANAAN DAN METODE

Kegiatan pengabdian dilakukan pada siswa SDN 3 Jambewangi yang berada di Dusun Tlogosari, Desa Jambewangi, Kecamatan Sempu, Kabupaten Banyuwangi. Pelaksanaan pengabdian berupa tahapan dalam pemecahan solusi dan menyelesaikan permasalahan di lokasi mitra. Tahapan diawali dengan persiapan yakni melakukan observasi dan kordinasi dengan mitra; pelaksanaan kegiatan pengabdian berupa pendidikan kebencanaan yang diusung dalam bentuk *virtual disaster simulation*; dan evaluasi kegiatan pengabdian. Uraian untuk masing-masing tahapan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan kegiatan pengabdian

Kegiatan penguatan literasi bencana bagi siswa sekolah dasar melalui program edukasi berbasis *virtual disaster simulation* dilaksanakan melalui tiga tahapan utama, yaitu: persiapan, pelaksanaan pengabdian, dan evaluasi. Pada tahap persiapan, tim pengabdian terlebih dahulu melaksanakan studi pendahuluan melalui observasi di SDN Jambewangi 3, Banyuwangi. Observasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang berkaitan dengan literasi kebencanaan, khususnya mengenai gunung api. Selanjutnya, dilakukan kordinasi dengan pihak sekolah, serta dipersiapkan berbagai sumber daya pendukung, meliputi data, bahan ajar, dan materi edukatif lainnya yang akan digunakan dalam pelaksanaan program.

Pada tahap pelaksanaan, siswa diberikan materi dasar kebencanaan yang mencakup konsep bencana. Penyampaian materi ini bertujuan untuk membekali siswa dengan pemahaman yang lebih baik mengenai tindakan yang tepat saat menghadapi situasi bencana. kemudian akan disimulasikan melalui *virtual disaster simulation*. Dalam simulasi ini, siswa dibagi menjadi empat kelompok untuk meningkatkan interaktivitas dan efektivitas pembelajaran. Tim

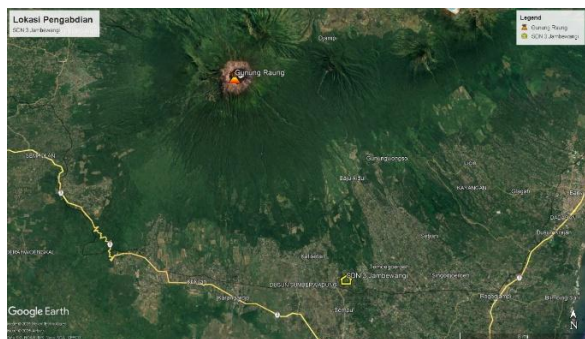
pengabdian memberikan skenario simulatif yang menuntut siswa untuk merespons secara aktif terhadap kondisi tertentu yang disimulasikan secara virtual. Selama sesi berlangsung, dibuka ruang diskusi dan tanya jawab, terutama ketika terdapat kesalahpahaman atau kekeliruan dalam merespons skenario yang diberikan.

Pada tahap evaluasi, dilakukan penilaian terhadap keseluruhan pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat. Keberhasilan kegiatan diukur melalui tingkat partisipasi aktif peserta dalam diskusi serta antusiasme mereka dalam merespons pertanyaan yang diajukan oleh tim pengabdian. Penilaian ini memberikan gambaran mengenai sejauh mana pemahaman siswa terhadap materi kebencanaan yang telah disampaikan.

Lokasi Pengabdian

SDN 3 Jambewangi berlokasi di Dusun Tlogosari, Desa Jambewangi, Kecamatan Sempu, Kabupaten Banyuwangi, dengan jarak kurang lebih 15 km dari lereng Gunung Raung (Gambar 2). Sekolah ini termasuk dalam kategori wilayah dengan tingkat ancaman bencana yang tinggi, khususnya terkait potensi erupsi gunung api.

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan sebagai upaya penguatan literasi kebencanaan bagi siswa sekolah dasar melalui pemanfaatan inovasi teknologi berupa *virtual disaster simulation*.



Gambar 2. Lokasi Pengabdian

Solusi dan Target Luaran

Berdasarkan permasalahan yang telah diidentifikasi pada mitra. Solusi untuk mengatasi isu tersebut adalah melalui edukasi berbasis *virtual disaster simulation*. Pendekatan ini dipilih karena anak-anak cenderung menyukai aktivitas yang menarik, sehingga pendekatan edukatif yang menyenangkan dapat menjadi sarana yang efektif untuk menyampaikan pesan-pesan penting, termasuk literasi kebencanaan (Putriani et al., 2023; Rusilowati & Binadja, 2012; Yanuar et al., 2021). Melalui metode pembelajaran yang menarik, anak akan lebih mudah menerima berbagai stimulasi positif yang bermanfaat bagi perkembangan kognitif dan sosialnya di masa depan (Rahman et al., 2024; Mutoharoh et al., 2024). Salah satu bentuk pembelajaran yang mampu menarik perhatian anak sekaligus memungkinkan keterlibatan aktif tanpa risiko fisik adalah *virtual disaster simulation*, yang menghadirkan pengalaman belajar kebencanaan secara aman, menarik, dan kontekstual.

Edukasi kebencanaan melalui *virtual disaster simulation* menghadirkan

pengalaman belajar yang interaktif dan imersif, memungkinkan peserta memahami serta merespons situasi bencana secara realistis tanpa harus menghadapi risiko langsung. Teknologi ini mengintegrasikan inovasi seperti virtual reality (VR) dan perangkat lunak berbasis komputer untuk mensimulasikan skenario bencana, termasuk letusan gunung api (Bachri et al., 2024). Melalui lingkungan virtual, siswa dapat dilatih untuk mengambil keputusan kritis, menjalankan prosedur evakuasi, hingga memberikan pertolongan pertama dalam situasi darurat (Rafiq et al., 2022; Shailey et al., 2018). Teknologi ini juga memberikan ruang pelatihan yang aman dan terkendali, sehingga siswa dapat belajar secara aktif tanpa terpapar bahaya langsung.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pendidikan kebencanaan menggunakan media *Virtual disaster simulation* merupakan salah satu inovasi dalam meningkatkan pengetahuan dan kesiapsiagaan siswa sekolah dasar. Berdasarkan observasi awal, diketahui bahwa SDN Jambewangi 3 memiliki tingkat kerentanan bencana cukup tinggi, namun upaya edukasi kebencanaan yang dilakukan masih bersifat konvensional dan belum optimal. Oleh karena itu, penggunaan teknologi VR (*Virtual Reality*) menjadi solusi alternatif untuk menciptakan pengalaman belajar yang imersif, menyenangkan, dan edukatif (Bos et al., 2022).

Kegiatan diawali dengan sosialisasi materi dasar kebencanaan. Materi disampaikan dengan pendekatan visual dan naratif menggunakan gambar serta animasi yang sesuai dengan karakteristik siswa sekolah dasar. Siswa diperkenalkan dengan gunung berapi, serta langkah-langkah mitigasi yang relevan dengan kondisi lokal. Tujuan dari tahap ini adalah membekali

siswa dengan pemahaman awal sebelum masuk pada simulasi virtual.

Setelah sesi sosialisasi, dilanjutkan dengan implementasi *Virtual disaster simulation* (Gambar 3). Pada sesi ini, siswa dibagi ke dalam kelompok kecil dan diberi kesempatan untuk mencoba langsung media VR yang telah dikembangkan. Simulasi menampilkan skenario bencana erupsi gunung api yang divisualisasikan secara interaktif. Siswa diarahkan untuk merespons situasi darurat yang ditampilkan dalam VR, seperti melakukan evakuasi, mengenali tanda-tanda bahaya, dan mengambil tindakan penyelamatan.



Gambar 3. Implementasi *Virtual Disaster Simulation*

Kegiatan simulasi ini disambut dengan antusias tinggi oleh siswa. Mayoritas siswa menunjukkan rasa ingin tahu yang tinggi, aktif bertanya, dan mampu mengikuti alur skenario simulasi dengan baik. Pembelajaran melalui VR memungkinkan siswa memahami konteks bencana secara lebih konkret dan realistis tanpa harus mengalami risiko nyata (Rajabi et al., 2022; Tibaldi et al., 2020) (Gambar 4). Pendekatan ini berhasil menciptakan pengalaman belajar yang bermakna, memicu pemahaman mendalam, serta memperkuat keterampilan berpikir kritis siswa dalam menanggapi situasi darurat (Hamad & Jia, 2022).



Gambar 4. Penyampaian Materi

Selain peningkatan pemahaman, kegiatan ini juga memperlihatkan bahwa siswa mampu menjelaskan kembali langkah-langkah yang harus dilakukan saat menghadapi bencana, baik secara individu maupun dalam kelompok. Hasilnya menunjukkan peningkatan pemahaman siswa terhadap konsep kebencanaan dibanding sebelum mengikuti simulasi. Secara keseluruhan kegiatan pengabdian ini memperoleh respon positif dari guru dan siswa.

Sebagai bentuk tindak lanjut dari peningkatan literasi dan kesiapsiagaan tersebut, tim pengabdian juga melakukan pemasangan jalur evakuasi di lingkungan sekolah (Gambar 5). Jalur evakuasi dirancang untuk mengarahkan siswa menuju titik aman dengan rambu visual yang mudah dipahami. Langkah ini dilakukan untuk memastikan kesiapan fisik dan prosedural sekolah dalam menghadapi kemungkinan bencana nyata di masa mendatang.



Gambar 5. Pemasangan Rambu Jalur Evakuasi di Sekolah

Pemasangan jalur evakuasi dan titik kumpul ini mendapatkan apresiasi dari pihak sekolah. Guru dan kepala sekolah menyatakan bahwa upaya ini menjadi bagian penting dari peningkatan sistem mitigasi bencana sekolah. Selain sebagai alat bantu keselamatan, keberadaan jalur evakuasi juga digunakan sebagai media pembelajaran langsung saat siswa melakukan simulasi evakuasi darurat.

Secara keseluruhan, kegiatan pengabdian ini berhasil mengintegrasikan pendekatan teknologi dan tindakan nyata di lapangan dalam rangka memperkuat sistem pendidikan kebencanaan di sekolah dasar. Sinergi antara media pembelajaran imersif berbasis VR dan infrastruktur mitigasi seperti jalur evakuasi memberikan dampak positif dalam membangun kesiapsiagaan siswa dan menciptakan budaya sadar bencana sejak dini (Raja & Priya, 2021). Dengan pendekatan ini, SDN 3 Jambewangi tidak hanya menjadi tempat belajar, tetapi juga menjadi sekolah tangguh bencana yang siap melindungi seluruharganya.

D. PENUTUP

Simpulan

Kegiatan pengabdian masyarakat yang mengintegrasikan *Virtual disaster simulation* sebagai media edukasi bencana terbukti efektif dalam meningkatkan literasi dan kesiapsiagaan siswa sekolah dasar terhadap potensi bencana alam, khususnya letusan gunung api. Pendekatan pembelajaran yang imersif dan interaktif ini mampu menarik perhatian siswa, menumbuhkan rasa ingin tahu, serta membentuk pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep-konsep kebencanaan dan tindakan mitigasi. Pemasangan jalur evakuasi di lingkungan sekolah semakin memperkuat kesiapan fisik dan prosedural SDN 3 Jambewangi dalam menghadapi kemungkinan bencana.

Saran

Berdasarkan hasil kegiatan, disarankan agar penggunaan media Virtual Reality dalam edukasi kebencanaan dapat dijadikan bagian dari strategi pembelajaran rutin di sekolah-sekolah dasar, terutama yang berada di kawasan rawan bencana. Selain itu, guru-guru perlu dibekali pelatihan lanjutan agar mampu mengintegrasikan teknologi simulasi ke dalam proses pembelajaran secara mandiri dan berkelanjutan. Terakhir, evaluasi jangka panjang perlu dilakukan untuk menilai dampak program terhadap perubahan sikap dan perilaku siswa dalam kesiapsiagaan menghadapi bencana nyata.

Ucapan Terima Kasih

Kami mengucapkan terima kasih kepada Universitas Negeri Malang atas dukungannya melalui hibah Desentralisasi Pengabdian FIS. Terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Sekolah, Guru, dan seluruh siswa SDN 3 Jambewangi atas partisipasi aktif dalam kegiatan ini.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Ammelia, I., Lestari, D. S., Tsabat, G., Ghazy, A., & Wibowo, Y. A. (2022). Integrasi Materi Kebencanaan Pada Jenjang Sekolah Dasar Di Kecamatan Ngargoyoso, Jawa Tengah. *International Journal Environment and Disaster*, 1(1), 60–72.
- Aulia Rahman, F., Wahyudi, W., & Aldizar Akbar, A. (2024). Mitigasi Bencana Melalui Boardgame Untuk Anak Sekolah Dasar Di Lingkungan Rptr Petukangan Berseri Jakarta Selatan. In *Jurnal Pengabdian Kolaborasidan Inovasi IPTEKS* (Vol 2).
- Bos, D., Miller, S., & Bull, E. (2022). Using virtual reality (VR) for teaching and learning in geography: fieldwork,

- analytical skills, and employability. *Journal of Geography in Higher Education*, 46(3), 479–488.
- Desilia, N. R., Lassa, J., & Oktari, R. S. (2023). Integrating Disaster Education into School Curriculum in Indonesia: A Scoping Review. *International Journal of Disaster Management*, 6(2), 263–274.
- Gautama, G. A., & Malang, P. N. (2022). Estimation of Sandstone Resource from the Eruption of Mount Semeru Using the Cross Section Method. *Jurnal Pertambangan*, 6(August).
- Hamad, A., & Jia, B. (2022). How Virtual Reality Technology Has Changed Our Lives: An Overview of the Current and Potential Applications and Limitations. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(18).
- Kajian, J., Bachri, S., Hakiki, A. R. R., Putra, A. K., May, T., Regita, N., Putri, C., Regina, M., & Prastiwi, H. (2024). *Development Of Metaverse-Based Virtual Disaster Gallery As A Support System For Disaster Education In*. 12(2), 933–946.
- Kaneko, T., Maeno, F., & Yasuda, A. (2019). Observation of the eruption sequence and formation process of a temporary lava lake during the June–August 2015 Mt. Raung eruption, Indonesia, using high-resolution and high-frequency satellite image datasets. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 377, 17–32.
- Khairul Rahmat, H., Hasrian, H., & Bimantara, M. A. (2023). Membangun Kesiapsiagaan Bencana pada Siswa Melalui BLU-DISCARE sebagai Inovasi Pendidikan Kebencanaan di Sekolah Guna Mewujudkan Generasi Tangguh Bencana. *Jagratar: Journal of Disaster Research*, 1(2), 49–58.
- Kurniawan, V. O., Mei, E. Y. W., & Hadmoko, D. S. (2020). Pemodelan aliran lahar Gunung Api Merapi untuk perhitungan risiko kerugian pada penggunaan lahan terdampak di bantaran Sungai Boyong, Pakem, Sleman, D.I. Yogyakarta. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*, 3(2).
- Labudasari, E., & Rochmah, E. (2020). Literasi Bencana Di Sekolah: Sebagai Edukasi Untuk Meningkatkan Pemahaman Kebencanaan. *Jurnal Pendidikan Ke-SD-an*, 16(1), 41–48.
- Marliyani, G. I., Helmi, H., Arrowsmith, J. R., & Clarke, A. (2020). Volcano morphology as an indicator of stress orientation in the Java Volcanic Arc, Indonesia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 400, 106912.
- Mutoharoh, B., & Fauzan, A. (2024). Pendidikan Bencana Melalui Permainan Labirin Edukasi. *G-Couns: Jurnal Bimbingan dan Konseling*, 8(2), 1208–1220.
- Putriani, P., Setyowati, D. L., Banowati, E., & Suharini, E. (2023). Media Pembelajaran Gempa Bumi Berbasis Android Untuk Meningkatkan Pengetahuan Dan Kesiapsiagaan Siswa Terhadap Bencana Di Sma Negeri 2 Tomia. *GEOGRAPHY: Jurnal Kajian, Penelitian dan Pengembangan Pendidikan*, 11(2), 238–251.
- Rafiq, A. A., Triyono, M. B., & Djatmiko, I. W. (2022). Enhancing student engagement in vocational education by using virtual reality. *Waikato Journal of Education*, 27(3), 175–188.

- Raja, M., & Priya, G. G. L. (2021). Conceptual Origins, Technological Advancements, and Impacts of Using Virtual Reality Technology in Education. *Webology*, 18(2), 116–134.
- Rajabi, M. S., Taghaddos, H., & Zahrai, S. M. (2022). Improving Emergency Training for Earthquakes through Immersive Virtual Environments and Anxiety Tests: A Case Study. *Buildings*, 12(11).
- Rusilowati, A., & Binadja, A. (2012). Mitigasi Bencana Alam Berbasis Pembelajaran Bervisi Science Environment Technology and Society. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 8(1), 51–60.
- Shailey, M., Steve, T., & Ana-Despina, T. (2018). Role of Virtual Reality in Geography and Science Education. *Knowledge Exchange Seminar Series, Learning from New Technology*, 1–14.
- Stevany, D., Andri, S., & Sukmono, A. (2016). Pemetaan Jalur Evakuasi Bencana Letusan Gunung Raung Dengan Metode Network Analisis. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(2), 91–100.
- Tibaldi, A., Bonali, F. L., Vitello, F., Delage, E., Nomikou, P., Antoniou, V., Becciani, U., de Vries, B. V. W., Krokos, M., & Whitworth, M. (2020). Real world-based immersive Virtual Reality for research, teaching and communication in volcanology. *Bulletin of Volcanology*, 82(5).
- Triastari, I., Dwiningrum, S. I. A., & Rahmia, S. H. (2021). Developing Disaster Mitigation Education with Local Wisdom: Exemplified in Indonesia Schools. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 884(1).
- Virkhansa, C. F., Setiawan, B. D., & Dewi, C. (2019). Klasifikasi Status Gunung Berapi dengan Metode Learning Vector Quantization (LVQ). *Jurnal pengembangan teknologi dan ilmu komputer*, 3(7).
- Wibowo, R., Muniroh, L., Azhar Alwahid, M., Teknik dan Sains, F., Ilmu Lingkungan, P., Ibn Khaldun Bogor, U., & Ekonomi Prodi Manajemen, F. (n.d.). *Disaster Education for Mitigate Nature Disaster at School*.
- Wiwik Astuti, N. M., Werdhiana, I. K., & Wahyono, U. (2021). Impacts of direct disaster experience on teachers' knowledge, attitudes and perceptions of disaster risk reduction curriculum implementation in Central Sulawesi, Indonesia. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 53.
- Yanuar, A., Oktamanicka Dayu, G., Mariam, E., Belqis, M., Marvel Shane, N., & Febria Nuartha, Y. (2021). Pemberdayaan Manajemen Bencana Gunung Raung Berbasis Virtual Reality Pada Masyarakat Desa Jambewangi. In *Jurnal Pengabdian Masyarakat Kesehatan* (Vol 7, Number 2, bll 112–118).