



Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ) Universitas Papua

website: <https://journal.fkip.unipa.org/index.php/kpej>



Validation of the Kaba Volcanic Eruption Disaster Mitigation E-Module as a Learning Media on Volcano Materials

Purwaningsih*, Henny Johan, & Afrizal Mayub

Magister Pendidikan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Bengkulu, Indonesia

*Corresponding author: purningsih2587@gmail.com

Abstract: Indonesia is on the path of the "Pacific Ring of Fire," so it has a high risk of catastrophic volcanic eruptions. One of the active volcanoes that has the potential to have a big impact is Mount Kaba. To improve students' understanding of disaster mitigation, this study aims to develop and validate a science learning e-module about volcanoes that is integrated with the disaster mitigation of the eruption of Mount Kaba. This study uses a qualitative descriptive method with a 4D model Research and Development (R&D) approach, which consists of the Define, Design, Develop, and Disseminate stages, but only carried out until the development stage, namely validation. Data was collected through observations, questionnaires, and interviews involving teachers and validators from among disaster mitigation and science education experts. The validation results show that the e-module obtained an average score of 92% with the category "Very Feasible" based on the feasibility of content, language, and graphic display. These results indicate that the e-module has great potential as a learning medium for disaster mitigation in schools.

Keywords: e-module, disaster mitigation, science education, validation, volcanoes

Validasi E-Modul Mitigasi Bencana Letusan Gunung Api Kaba sebagai Media Pembelajaran pada Materi Gunung Api

Abstrak: Indonesia berada di jalur "Cincin Api Pasifik," sehingga memiliki risiko tinggi terhadap bencana letusan gunung berapi. Salah satu gunung berapi aktif yang berpotensi menimbulkan dampak besar adalah Gunung Kaba. Untuk meningkatkan pemahaman siswa mengenai mitigasi bencana, penelitian ini bertujuan mengembangkan dan memvalidasi e-modul pembelajaran sains tentang gunung berapi yang terintegrasi dengan mitigasi bencana letusan Gunung Kaba. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dengan pendekatan Research and Development (R&D) model 4D, yang terdiri dari tahap *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*, namun hanya dilakukan hingga tahap pengembangan, yaitu validasi. Data dikumpulkan melalui observasi, angket, dan wawancara yang melibatkan guru serta validator dari kalangan ahli mitigasi bencana dan pendidikan sains. Hasil validasi menunjukkan bahwa e-modul memperoleh skor rata-rata 92% dengan kategori "Sangat Layak" berdasarkan aspek kelayakan isi, bahasa, dan tampilan grafis. Hasil ini mengindikasikan bahwa e-modul tersebut memiliki potensi besar sebagai media pembelajaran mitigasi bencana di sekolah.

Kata kunci: e-modul, gunung api, mitigasi bencana, pendidikan IPA, validasi

PENDAHULUAN

Indonesia terletak di jalur "Cincin Api Pasifik," yang merupakan wilayah pertemuan Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik (Ayunda et al., 2020). Kondisi ini membuat Indonesia rentan terhadap bencana alam, terutama letusan gunung berapi setiap tahunnya. Menurut data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), rata-rata terjadi satu letusan gunung berapi per tahun antara tahun 2002 hingga 2009 (BNPB, 2009). Salah satu gunung berapi aktif di Indonesia adalah Gunung Api Kaba (Putriyanti et al., 2024), yang terletak di Desa Sumber Urip, Kecamatan Selupu Rejang, Kabupaten Rejang Lebong, Provinsi Bengkulu. Gunung ini memiliki ketinggian 1952 meter di atas permukaan laut dan termasuk tipe stratovolcano. Secara fisik, Gunung Api Kaba memiliki dua kawah yang masih aktif. Dalam beberapa tahun terakhir, aktivitas vulkaniknya terus menunjukkan tanda-tanda aktivitas (Fahmi et al., 2023). Pemantauan oleh pos pengamatan Gunung Api Kaba dari pusat vulkanologi dan mitigasi bencana geologi Kementerian Energi dan Sumber Daya di Bengkulu telah meningkatkan statusnya menjadi waspada sejak September 2009 karena peningkatan aktivitas seismik vulkanik. Menurut Wijaya & Setijadji (2022) bahwa wilayah timur laut Gunung Api Kaba memiliki karakteristik vulkanik yang berpotensi menyebabkan erupsi eksplosif di masa depan.

Kepahiang adalah salah satu daerah pemukiman yang berada dalam zona kuning Gunung Api Kaba, dengan KRB III, yaitu area yang berpotensi terkena dampak lahar, hujan abu, atau air dengan keasaman tinggi. Jika terjadi erupsi besar, kawasan ini berisiko terkena perluasan awan panas, hujan abu lebat, dan lontaran batu pijar (Putri & Daud, 2023). Oleh karena itu, daerah ini rentan secara fisik, sosial, lingkungan, dan ekonomi. Berdasarkan data bencana di beberapa daerah, banyak korban bencana adalah anak usia sekolah, baik saat jam sekolah maupun di luar jam sekolah (Wahyono et al., 2022). Hal ini menekankan pentingnya edukasi atau pengetahuan tentang mitigasi dan kesiapsiagaan menghadapi bencana akibat letusan Gunung Api Kaba. Mitigasi bencana dapat dilakukan secara struktural dan non-struktural (Behera, 2023; He & Cha, 2022; Kamil et al., 2020; Lai & Cheong, 2022). Salah satu upaya mitigasi non-struktural adalah melalui pendidikan bencana alam di sekolah (Banks & Barlex, 2020; Fitri et al., 2023; Lai & Cheong, 2022; Yusuf et al., 2022).

Sekolah, sebagai lembaga pendidikan, memiliki tanggung jawab dan peran penting dalam penanggulangan bencana, karena dapat meningkatkan pengetahuan dan pemahaman siswa dalam menghadapi situasi bencana. Setiap tahun, diperkirakan sekitar 66 juta anak di seluruh dunia terdampak bencana (Al'afani et al., 2021; Havwina et al., 2017). Penelitian oleh Saputra & Ahmad (2020) menunjukkan bahwa kebijakan kesiapsiagaan masyarakat terhadap erupsi Gunung Api Kaba masih memerlukan peningkatan, terutama dalam edukasi mitigasi bencana bagi siswa. Oleh karena itu, memasukkan pendidikan dalam konteks bencana alam seperti gunung berapi adalah langkah awal yang dapat diambil. Berdasarkan survei di MTs Negeri 2 Kepahiang, 87% siswa menyatakan bahwa daerah sekitar sekolah dan tempat tinggal mereka berpotensi mengalami bencana seperti gempa bumi, letusan gunung berapi, tanah longsor, banjir, dan bencana lainnya. Sebanyak 84% siswa mengungkapkan bahwa konsep IPA terkait gunung berapi berhubungan dengan peristiwa bencana alam, dan materi kebencanaan belum pernah diajarkan dalam pelajaran IPA. Sebanyak 86% siswa merasa perlu adanya edukasi tentang pencegahan/mitigasi bencana alam yang dimasukkan dalam pembelajaran IPA dan dilatihkan sejak usia sekolah. Hal tersebut sejalan dengan Maulana et al. (2024) bahwa pendidikan bencana dapat diperkenalkan melalui berbagai metode, bahan ajar, termasuk kegiatan ekstrakurikuler, materi pembelajaran.

Salah satu media pembelajaran yang dapat mendukung tujuan ini adalah e-modul. E-modul menawarkan keunggulan sebagai bahan ajar digital yang interaktif, menarik, dan mudah diakses, yang dapat meningkatkan minat dan pemahaman siswa terhadap materi (Mahardika et al., 2021; Marline, 2021; Vitrianingsih & Aulianingsih, 2021; Yanti & Hamdu, 2021). Pengembangan e-modul membutuhkan validasi dari para ahli untuk memastikan bahwa e-modul tersebut memenuhi standar kualitas dan kelayakan (Kiong et al., 2021; Maulidiana & Cahyaningtyas, 2021; Irmawati et al., 2023). Proses validasi ini melibatkan penilaian terhadap kelayakan isi, kebahasaan, dan kegrafisan e-modul (Kurnia et al., 2020). Dengan validasi yang baik, e-modul diharapkan mampu menjadi media pembelajaran yang efektif dalam meningkatkan kesiapan siswa untuk menghadapi potensi bencana alam. Artikel ini berfokus pada tahap pengembangan e-modul hingga validasi oleh para ahli. Tujuannya adalah untuk mendeskripsikan kelayakan e-modul pelajaran IPA tentang gunung api yang terintegrasi dengan mitigasi bencana letusan Gunung Api Kaba, guna meningkatkan kesiapsiagaan siswa. Selain itu, artikel ini memberikan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut melalui uji coba lapangan di masa depan.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D), mengikuti model pengembangan 4D (*Define, Design, Develop, dan Disseminate*) yang dikembangkan oleh S. Thigarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvyn I. Semmel (Setiawan & Wardhani, 2018). Fokus utama penelitian adalah pengembangan e-modul terintegrasi mitigasi bencana letusan Gunung Api Kaba yang valid dan sesuai dengan kebutuhan pembelajaran. Proses penelitian dilakukan hingga tahap validasi produk tanpa implementasi langsung kepada siswa. Subjek penelitian melibatkan guru dan siswa kelas VII di Madrasah Tsanawiyah (MTs) 2 Kepahiang yang menjadi lokasi penelitian. Lokasi penelitian dipilih secara purposive, dengan kriteria sekolah yang berada di wilayah berisiko bencana gunung api Kaba. Pemilihan subjek menggunakan teknik purposive sampling, dengan partisipan yang relevan berdasarkan keterlibatan langsung mereka dalam pembelajaran IPA yang mencakup materi mitigasi bencana gunung api.

Data dikumpulkan melalui tiga metode utama: observasi, angket, dan wawancara. Observasi dilakukan untuk mengumpulkan data tentang kebutuhan bahan ajar dan memahami konteks pembelajaran terkait materi gunung api dan mitigasi bencana. Angket digunakan untuk mengumpulkan penilaian validator terhadap e-modul, dengan fokus pada aspek kelayakan isi, kebahasaan, dan kegrafisan. Instrumen penelitian mencakup lembar observasi, angket validasi, dan panduan wawancara. Lembar observasi dirancang untuk mencatat kebutuhan dan karakteristik pembelajaran yang relevan dengan pengembangan e-modul. Angket validasi menggunakan skala Likert untuk menilai tiga aspek utama e-modul: kelayakan isi, kebahasaan, dan kegrafisan.

Data dianalisis secara deskriptif kualitatif melalui beberapa tahapan. Tahap pertama adalah reduksi data, di mana informasi yang relevan dari hasil observasi, angket, dan wawancara dirangkum dan difokuskan. Selanjutnya, data disajikan dalam bentuk tabel persentase untuk hasil angket validasi, sementara saran dan masukan dijelaskan secara deskriptif. Pada tahap akhir, penarikan Kesimpulan dilakukan untuk menggambarkan kelayakan e-modul berdasarkan analisis data.

HASIL DAN PEMBAHASAN**Analisis Kebutuhan Bahan Ajar**

Hasil angket analisis kebutuhan bahan ajar IPA terintegrasi mitigasi bencana letusan gunung api dapat dilihat dari beberapa indikator pada Tabel 1.

Tabel 1. Pertanyaan Analisis Kebutuhan

Item Pertanyaan	Persentase (%)	Kategori
Penting menggunakan audiovisual seperti video, gambar, tabel atau grafik untuk menjelaskan konsep-konsep IPA	86	Sangat setuju
Pembelajaran dengan audiovisual seperti gambar, tabel, grafik, video dll dapat membantu memahami pelajaran IPA dengan mudah	86	Sangat setuju
Melakukan kegiatan belajar di luar kelas dengan memanfaatkan lingkungan sekitar sebagai lokasi pembelajaran.	83	Sangat setuju
Memiliki potensi kebencana yang tinggi seperti gempa, gunung meletus di sekitar lingkungan	83	Sangat setuju
Kebencanaan pernah dipelajari di sekolah dalam mata pelajaran IPA	86	Sangat setuju
Konsep IPA terkait dengan kejadian bencana alam.	89	Sangat setuju
Materi tentang struktur bumi dan gunung api berhubungan dengan bencana alam.	83	Sangat setuju
Penyediaan edukasi mengenai pencegahan atau mitigasi bencana alam.	86	Sangat setuju
Pendidikan mitigasi perlu diajarkan dan dilatih selama usia sekolah melalui kegiatan pembelajaran di sekolah.	86	Sangat setuju
Lebih tertarik mempelajari IPA ketika materi yang diajarkan dihubungkan dengan situasi nyata dalam kehidupan sehari-hari.	86	Sangat setuju
Pembelajaran yang menghubungkan materi IPA dengan mitigasi bencana alam dapat meningkatkan kesiapsiagaan menghadapi bencana alam.	83	Sangat setuju

Berdasarkan angket analisis kebutuhan pada tabel 1 sebanyak 86% siswa sangat setuju bahwa media audiovisual seperti video, gambar, tabel, atau grafik penting digunakan untuk menjelaskan konsep IPA, termasuk yang berkaitan dengan mitigasi bencana alam. Audiovisual juga membantu siswa memahami materi dengan lebih mudah (86%). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran yang interaktif dapat meningkatkan daya tarik dan efektivitas pembelajaran mitigasi bencana gunung api (Inanna et al., 2021). Guru dapat memanfaatkan teknologi ini untuk memperjelas konsep struktur bumi, gunung api, dan langkah-langkah mitigasi secara konkret. Sebanyak 83% siswa sangat setuju bahwa pembelajaran di luar kelas dengan memanfaatkan lingkungan sekitar sebagai tempat belajar efektif dalam memahami materi. Lingkungan sekitar yang memiliki potensi kebencanaan tinggi, seperti gempa atau gunung meletus (83%), menjadi sumber belajar yang relevan. Hal ini mendukung pembelajaran berbasis kontekstual, di mana siswa tidak

hanya belajar melalui teori, tetapi juga melalui pengalaman langsung di lapangan, sehingga lebih memahami pentingnya mitigasi (Hastari et al., 2019).

Sebanyak 89% siswa sangat setuju bahwa konsep IPA berkaitan dengan peristiwa bencana alam, dan 83% menyatakan bahwa materi struktur bumi dan gunung api erat kaitannya dengan fenomena tersebut. Hal ini mengindikasikan bahwa integrasi materi mitigasi bencana dalam pembelajaran IPA dapat menjadi sarana yang relevan untuk menghubungkan teori dengan fenomena nyata (Fitri et al., 2023). Dengan mempelajari keterkaitan ini, siswa dapat memahami bagaimana konsep IPA dapat digunakan untuk menganalisis dan mengantisipasi dampak bencana. Sebanyak 86% siswa sangat setuju bahwa edukasi mitigasi perlu dilatih sejak usia sekolah melalui pembelajaran. Hal ini menunjukkan urgensi untuk memasukkan materi mitigasi bencana, termasuk gunung api, ke dalam kurikulum sekolah. Pendekatan ini tidak hanya memberikan pemahaman, tetapi juga membentuk kesadaran siswa akan pentingnya kesiapan menghadapi bencana di masa depan (Rahmat et al., 2023). Sebanyak 86% siswa merasa lebih tertarik belajar IPA yang mengaitkan materi dengan situasi dunia nyata, termasuk mitigasi bencana. Selain itu, 83% siswa sangat setuju bahwa pembelajaran yang mengaitkan IPA dengan mitigasi bencana dapat meningkatkan kesiapsiagaan bencana alam. Ini menunjukkan bahwa siswa lebih terlibat dan termotivasi ketika pembelajaran bersifat aplikatif, yang tidak hanya relevan secara teori tetapi juga bermanfaat secara praktis dalam kehidupan mereka. Data ini mempertegas pentingnya pendekatan integratif dalam pembelajaran mitigasi bencana gunung api. Pemanfaatan media pembelajaran interaktif, pembelajaran berbasis lingkungan, dan relevansi materi dengan dunia nyata merupakan strategi yang efektif untuk meningkatkan pemahaman dan kesadaran siswa (Hayanum & Sari, 2022; Laraphaty & Riswanda, 2021; Putri et al., 2022). Hasil ini mendukung kesimpulan bahwa pengintegrasian materi mitigasi bencana gunung api ke dalam pembelajaran IPA tidak hanya relevan tetapi juga mampu memperkuat kesiapsiagaan sekolah dalam menghadapi potensi bencana alam.

Analisis kompetensi Dasar

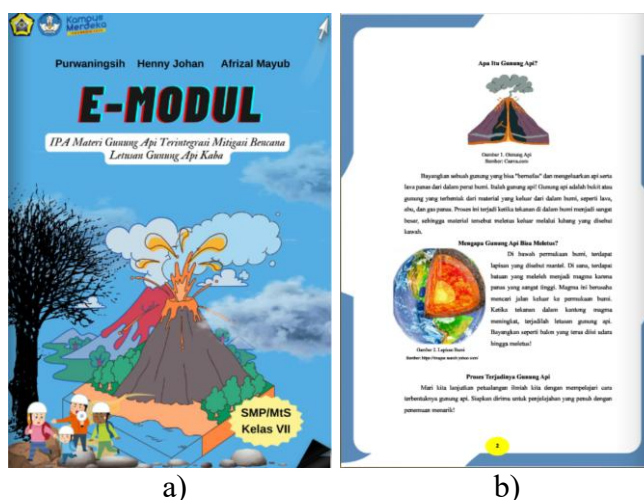
Analisis Kompetensi Dasar menunjukkan adanya hubungan antara materi gunung api dan kemampuan siswa dalam memahami fenomena alam serta mitigasi bencana. Kompetensi Dasar yang relevan mencakup kemampuan siswa untuk menganalisis struktur bumi, proses vulkanisme, dan dampak bencana alam. Hasil analisis Kompetensi Dasar IPA yang paling relevan adalah KD 3.10 dan KD 4.10. Dimana KD 3.10 menuntun siswa untuk menjelaskan lapisan bumi, gunung api, gempa bumi, serta langkah-langkah pengurangan risiko sebelum, saat, dan setelah bencana sesuai dengan ancaman di daerah mereka. KD 4.10 berfokus pada kemampuan siswa untuk mengomunikasikan upaya pengurangan risiko dan dampak bencana alam, serta tindakan penyelamatan diri ketika terjadi bencana, sesuai dengan jenis ancaman di daerah mereka.

Analisis Kejadian Letusan Gunung Api Kaba

Gunung Api Kaba dipilih sebagai subjek kajian karena merupakan salah satu gunung api aktif di Sumatra yang memiliki sejarah letusan yang signifikan. Analisis data terkait letusan Gunung Api Kaba meliputi penyebab, dampak, dan pola aktivitas vulkaniknya. Informasi ini diintegrasikan ke dalam e-modul untuk memberikan contoh nyata mengenai pentingnya mitigasi bencana dan untuk meningkatkan kesadaran siswa terhadap risiko yang ada di sekitar mereka.

Desain dan Pengembangan E-Modul

Hasil analisis kebutuhan bahan ajar, analisis kompetensi dasar (KD), dan kajian mitigasi bencana letusan gunung api digunakan sebagai dasar untuk merancang e-modul. Proses perancangan produk melibatkan desain e-modul yang mengintegrasikan materi gunung api dengan aspek letusan gunung api. Pada tahap desain, struktur e-modul dirancang dengan fokus pada tiga bagian utama: bagian awal, kegiatan pembelajaran, dan penutup. Konten disusun dalam format yang menarik dan menggunakan bahasa yang sederhana namun tetap ilmiah, sehingga memudahkan siswa dalam memahami materi. Desain E-modul yang telah di rancang maka dikembangkan menjadi *E-Modul* Pelajaran IPA Materi Gunung Api Terintegrasi Mitigasi Bencana Letusan Gunung Api Kaba untuk Meningkatkan Kesiapsiagaan Siswa seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagian E-modul a) Cover E-modul, b) Bagian Inti E-modul

Pada bagian kegiatan pembelajaran yang terdiri dari tujuan kegiatan, bahan pembelajaran, LKPD, dan uraian materi yang di sesuaikan dengan KD terintegrasi bencana gunung api. Konsep bencana gunung api terdiri dari proses terjadinya gunung api, kalisifikasi gunung api, struktur gunung api, tipe gunung api dan dampak dari bencana gunung api.

Validasi E-Modul

Hasil pengembangan e-modul divalidasi oleh tiga validator, yang terdiri dari dua dosen pendidikan IPA dan satu guru IPA. Para validator ini memiliki latar belakang sebagai profesor dalam mitigasi bencana alam serta ahli pendidikan IPA, dengan fokus yang sejalan dengan penelitian ini. E-modul tersebut dinilai berdasarkan tiga aspek: kelayakan isi, kebahasaan, dan kegrafisan. Hasil validasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil validasi e-modul

Aspek Penilaian	Persentase (%)	Kategori
Kelayakan Isi	92	Sangat Layak
Kebahasaan	93	Sangat Layak
Kegrafisan	90	Sangat Layak
Rata-rata	92	Sangat Layak

Hasil validasi e-modul menunjukkan persentase kelayakan sebagai berikut: Untuk aspek kelayakan isi, e-modul mencapai persentase 92%, yang tergolong dalam kategori "Sangat Layak". Penilaian ini menandakan bahwa materi dalam e-modul relevan dengan topik gunung api dan sesuai dengan kebutuhan siswa serta kurikulum. Menurut Aliyansyah & Saputra (2021) bahwa bahan ajar yang baik harus mencakup topik yang relevan dengan Kompetensi Inti (KI) dan Kompetensi Dasar (KD). Selain itu, aspek isi ini juga telah sesuai dengan penyajian data sains dan mitigasi bencana gunung api.

Pada aspek kebahasaan, e-modul mendapatkan persentase 93%, yang juga termasuk dalam kategori sangat layak. Hasil ini menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan telah disesuaikan dengan kaidah bahasa Indonesia; bahasanya sederhana, komunikatif, dan mudah dipahami, sesuai dengan perkembangan peserta didik. Ini juga mengindikasikan bahwa bahasa yang digunakan telah sesuai dengan tingkat pemahaman siswa kelas VII. Hal ini sejalan dengan pendapat Widodo (2017) yang menyatakan bahwa kalimat sederhana namun komunikatif dapat menjelaskan konsep mitigasi dengan jelas tanpa menimbulkan kesulitan bagi siswa.

Pada aspek kegrafisan, e-modul memperoleh persentase 90%, yang masuk dalam kategori sangat layak. Ini menunjukkan bahwa desain visual e-modul menarik, dengan tata letak yang rapi dan penggunaan warna yang relevan untuk menarik perhatian siswa. Gambar, ilustrasi, dan diagram yang digunakan mendukung penjelasan materi, sehingga meningkatkan daya tarik dan efektivitas penyampaian informasi. Menurut Iqbal et al. (2022) penting untuk memperhatikan desain grafis (tipografi, warna, gambar, tata letak, dan latar belakang) yang selaras dengan tujuan pembelajaran dan materi. Bahan ajar sebaiknya dapat mengilustrasikan ide-ide secara menarik, sehingga mempermudah pemahaman siswa (Wijaya et al., 2024), dan membuat materi abstrak menjadi mudah dipahami oleh siswa (Yusuf, et al., 2024). Berdasarkan rata-rata dari ke-tiga aspek tersebut di dapatkan skor sebesar 92% dengan kategorikan "Sangat Layak." Sehingga e-modul ini dapat digunakan dan di implementasikan kepada peserta didik setelah dilakukan beberapa revisi dari saran dan komentar validator. Saran dan komentar tersebut berupa perbaikan pada aspek kegrafisan, seperti penyesuaian warna grafik dan tata letak. Dimana menurut Nurseto (2012) bahwa grafik yang jelas dan rinci memudahkan pembaca dalam memahami konteks tersebut. Serta perbaikan kebahasaan untuk meningkatkan keterbacaan. Menurut Apriliana (2017) bahwa penggunaan bahasa yang baik dan benar akan membuat siswa menyerap isi/materi dalam buku dengan mudah. Dengan hasil demikian, e-modul dinyatakan valid dan siap digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran.

SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menghasilkan e-modul untuk materi IPA tentang gunung api yang diintegrasikan dengan mitigasi bencana letusan Gunung Api Kaba. Berdasarkan validasi oleh para ahli, e-modul ini dinilai sangat layak digunakan sebagai bahan ajar, dengan persentase kelayakan isi mencapai 92%, kebahasaan 93%, dan kegrafisan 90%. E-modul ini dirancang untuk memberikan pemahaman yang lebih kontekstual kepada siswa mengenai fenomena vulkanisme dan strategi mitigasi yang dapat diterapkan. Pengembangan e-modul ini didasarkan pada kebutuhan siswa dan guru akan bahan ajar yang lebih interaktif dan relevan dengan lingkungan mereka. Mengintegrasikan materi mitigasi bencana dalam pembelajaran IPA sangat penting untuk meningkatkan kesadaran dan kesiapsiagaan siswa terhadap potensi bencana alam. Namun, penelitian ini hanya mencakup tahap pengembangan dan validasi tanpa implementasi langsung kepada siswa. Oleh karena itu, disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan guna menguji efektivitas

e-modul ini dalam meningkatkan pemahaman dan kesiapsiagaan siswa melalui uji coba di lingkungan sekolah.

DAFTAR PUSTAKA

- Al'afani, F., Wahyono, U., & Miftah. (2021). Penerapan Modul Mitigasi Bencana yang Terintegrasi dalam Pelajaran IPA di SMP terdampak Tsunami. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako*, 9(4), 7–14. <https://doi.org/10.22487/jpft.v10i1.2003>
- Aliyansyah, M., & Saputra, H. H. (2021). Analisis Kelayakan Isi Buku Teks Siswa Kurikulum 2013 Kelas III SD/MI Tema Menyayangi Tumbuhan dan Hewan. *Renjana Pendidikan*, 1(3), 183–188. <https://doi.org/10.30605/onoma.v10i3.4054>
- Apriliana, Y. (2017). Analisis Kelayakan Isi dan Bahasa Buku Teks Siswa Bahasa Indonesia Kurikulum 2013 Kelas VII SMP/MTs Terbitan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan RI Edisi Revisi 2017. *Jurnal Pendidikan Bahasa Dan Sastra Indonesia*, 7(6), 704–713. <https://journal.student.uny.ac.id/pbsi/article/view/11639/11186>
- Ayunda, G., Ismanto, A., Hariyadi, H., Sugianto, D. N., & Helmi, M. (2020). Analisis Penjalaran Run-Up Gelombang Tsunami Menggunakan Pemodelan Numerik 2D di Pesisir Kota Bengkulu. *Indonesian Journal of Oceanography*, 2(3), 253–260. <https://doi.org/10.14710/ijoce.v2i3.8572>
- Banks, F., & Barlex, D. (2020). *Teaching STEM in the Secondary School: Helping Teachers Meet The Challenge* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780429317736>
- Behera, J. K. (2023). Role of Social Capital in Disaster Risk Management: A Theoretical Perspective in Special Reference to Odisha, India. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20(3), 3385–3394. <https://doi.org/10.1007/s13762-021-03735-y>
- BNPB. (2009). *Kajian Tentang Penanggulangan Bencana Alam di Indonesia*. Jakarta.
- Fahmi, F., Daud, Y., & Suwardi, B. N. (2015). 3-D Inversion of Magnetotelluric Data in Kepahiang Geothermal System, Bengkulu. *Proceedings Indonesia International Geothermal Convention & Exhibition*, 1(2).
- Fitri, E. A., Karyadi, B., Johan, H., & Farid, M. (2023). Model E-Booklet Fisika Terintegrasi Mitigasi Bencana Tsunami pada Materi Gelombang untuk Siswa di Pulau Enggano. *Jurnal Pendidikan Fisika FKIP UM Metro*, 11(1), 79–93. <http://dx.doi.org/10.24127/jpf.v11i1.6753>
- Hastari, G. A. W., Agung, A. A. G., & Sudarma, I. K. (2019). Pengembangan Modul Elektronik Berpendekatan Kontekstual pada Mata Pelajaran Ilmu Pengetahuan Sosial Kelas VIII Sekolah Menengah Pertama. *Jurnal Edutech Undiksha*, 1(2), 22–32. <https://doi.org/10.23887/jeu.v7i1.20006>
- Havwina, T., Maryani, E., & Nandi, N. (2017). Pengaruh Pengalaman Bencana terhadap Kesiapsiagaan Peserta Didik dalam Menghadapi Ancaman Gempabumi dan Tsunami. *Jurnal Geografi Gea*, 16(2), 124. <https://doi.org/10.17509/gea.v16i2.4041>
- Hayanum, R., & Sari, R. P. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran E-Modul Interaktif dengan Menggunakan Aplikasi Exe-Learning. *KATALIS: Jurnal Penelitian Kimia*, 1(2), 113–122. <http://dx.doi.org/10.33059/katalis.v5i2.6970>
- He, X., & Cha, E. J. (2022). State of the Research on Disaster Risk Management of Interdependent Infrastructure Systems for Community Resilience Planning. *Sustainable and Resilient Infrastructure*, 7(5), 391–420. <https://doi.org/10.1080/23789689.2020.1871541>

- Inanna, I., Ampa, A. T., & Nurdiana, N. (2021). Modul Elektronik (E-Modul) Sebagai Media Pembelajaran Jarak Jauh. *Seminar Nasional Hasil Penelitian*, (6), 1232-1241. <https://ojs.unm.ac.id/semnaslemlit/article/view/25301>
- Irmawati, M., Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2023). Validitas E-Modul Interaktif Berbasis Canva Materi Himpunan di Prodi PGSD Universitas Sulawesi Barat. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(1), 1315-1321. <https://doi.org/10.23969/jp.v8i1.7892>
- Iqbal, M., Dharmono, D., & Maulana Khalid Riefani. (2022). Validitas Buku Saku Malvaceae di Kawasan Mangrove Desa Sungai Bakau Berbasis 3d Pageflip. *JUPEIS: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Sosial*, 1(2), 56–62. <https://doi.org/10.55784/jupeis.vol1.iss2.40>
- Kamil, P. A., Utaya, S., Sumarmi, & Utomo, D. H. (2020). Improving Disaster Knowledge within High School Students through Geographic Literacy. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 43, 101411. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101411>
- Kiong, T. T., Roslen, K. E., Putra, A., & Heong, Y. M. (2021). Pembangunan Modul Pengajaran Berasaskan Permainan Digital Bagi Kursus Teknologi Elektrik 1: Development of Module for Digital Game-Based Learning. *Sains*, 2(3), 139-143. <https://doi.org/10.33102/sainsinsani.vol6no1.263>
- Kurnia, R., Ayu, F., & Fauzi, A. (2020). Validitas E-Modul Fisika Terintegrasi Bencana Gunung Meletus Berbasis Model Inquiry Based Learning untuk Meningkatkan Sikap Kesiapsiagaan Peserta Didik. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, 6(1), 73–80. <http://dx.doi.org/10.24036/jppf.v7i1.111794>
- Lai, J. W., & Cheong, K. H. (2022). Educational Opportunities and Challenges in Augmented Reality: Featuring Implementations in Physics Education. *IEEE Access*, 10, 43143–43158. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3166478>
- Laraphaty, N. F. R., & Riswanda, J. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Modul Elektronik (E-Modul). *Prosiding*, 2(2), 112–121.
- Mahardika, B. N., Degeng, I. N. S., & Sitompul, N. C. (2021). Aplikasi E-Modul Berbasis Android Pada Pembelajaran Tematik Kelas 3 Sekolah Dasar. *Akademika*, 2(1), 78–89.
- Marline, L. (2021). Analisis Modul Elektronik terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa SMP pada Materi Fisika. *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika*, 1(2), 110–121. <http://dx.doi.org/10.36706/jipf.v8i1.14031>
- Maulana, Y., Shabrina, A. N., & Karyadi, B. (2024). Integrated Landslide Mitigation Model in Physics Concept of Environmental Pollution and Alternative Energy. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 7(1), 172–181. <https://doi.org/10.37891/kpej.v7i1.526>
- Maulidiana, L. N., & Cahyaningtyas, A. P. (2021). Development of Digital Interactive Module “E-MOSI”(Elektronik Modul Puisi) for Grade IV Students of Elementary School of Kemala Bhayangkari 02. *Jurnal Pendidikan Dasar*, 1(2), 11–20. <https://ejournal.upi.edu/index.php/edubasic/article/view/32617>
- Nurseto, T. (2012). Membuat Media Pembelajaran yang Menarik. *Jurnal Ekonomi dan Pendidikan*, 8(1), 19–35. <https://doi.org/10.21831/jep.v8i1.706>
- Putri, F. F., & Daud, Y. (2023). Identification of Permeable Zone in Kepahiang Geothermal Prospect Area (Bengkulu) Using Integration of Fault and Fracture Density Method with Gravity Data. *AIP Conference Proceedings*, 1(2), 34–43.
- Putri, R., Kaspul, K., & Arsyad, M. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Modul Elektronik (E-Modul) Berbasis Flip Pdf Professional Pada Materi Sistem Peredaran

- Darah Manusia Kelas XI SMA. *JUPEIS: Jurnal Pendidikan*, 2(1), 99–117.
- Putriyanti, D. D., Kadir, E., & Hardi, H. (2024). Perempuan dalam Kaba: Telaah dari Perspektif Semiotika Roland Barthers. *Abstrak: Jurnal Kajian Ilmu Seni*, 1(2), 67–80. <http://dx.doi.org/10.62383/abstrak.v1i2.281>
- Rahmat, H. K., 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. <https://doi.org/10.36080/jjdr.v1i2.120>
- Saputra, B., & Ahmad, S. (2020). Community Preparedness Policy Model in the Adaptation for Danger and Risk of Kaba Volcano Eruption Selupurejang Sub-District. *Sumatra Journal of Disaster, Geography*, 1(2), 22–34.
- Septriani, S., & Yusnida, Y. (2023). Economic Valuation of Bukit Kaba Nature Tourism Park (NTP): Travel Cost Method-Poisson Regression, Bengkulu Indonesia. *European Journal of Development Studies*, 3(2), 43–54. <https://www.ej-develop.org/index.php/ejdevelop/article/view/271>
- Setiawan, H., & Wardhani, H. A. K. (2018). Pengembangan Media E-Booklet Pada Materi Keanekaragaman Jenis Nepenthes. *Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan*, 2(2), 82–88. <https://proceeding.iainkudus.ac.id/index.php/NCOINS/article/view/637>
- Vitrianingsih, D., & Aulianingsih, I. (2021). Analisis Kebutuhan Pengembangan Modul Elektronik (E-Module) IPA Terintegrasi Islam. *Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 1(2), 56–77. <http://dx.doi.org/10.20527/jipf.v5i1.2525>
- Wahyono, U., Kade, A., & Untara, K. A. A. (2022). The Implementation of Local Context Modules As an Effort for Disaster Risk Reduction (an Empirical Study in Disaster-Affected Schools). *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 11(3), 363–370. <https://doi.org/10.15294/jpii.v11i3.37399>
- Widodo, W. (2017). Pengembangan Bahan Ajar Elektrokimia Terintegrasi berbasis Kontekstual untuk SMK Teknik Mesin. *Jurnal Pena Sains*, 4(2), 80–87.
- Wijaya, M. A. H., Risdianto, E., & Koto, I. (2024). Development of a Digital Module for Kinematics Material Based on 3D Visual Animation through the MOOCS Platform to Improve Understanding of Concepts. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 7(2), 351–361. <https://doi.org/10.37891/kpej.v7i2.769>
- Wijaya, M. E. J., & Setijadji, L. D. (2022). A Preliminary Volcanological Study of North Eastern Kaba Volcano, Bengkulu Province, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth*, 2(3), 23–36. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1071/1/012018>
- Yanti, N. H., & Hamdu, G. (2021). Analisis Kebutuhan Pengembangan Elektronik Modul Berbasis Education For Sustainable Development untuk Siswa di Sekolah Dasar. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 2(1), 23–35. <http://dx.doi.org/10.31004/edukatif.v3i4.632>
- Yusuf, R., Razali, Sanusi, Maimun, Fajri, I., & Gani, S. A. (2022). Disaster Education in Disaster-Prone Schools: A Systematic Review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1041(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1041/1/012034>
- Yusuf, I., Setyosari, P., Kuswandi, D., & Ulfa, S. (2024). Development of Integrated Physics Learning Tools in Virtual Laboratory Platform: Its Implementation Through the Pogil Strategy in Indonesian Frontier Areas. *TEM Journal*, 13(3), 2217–8309. <https://doi.org/10.18421/TEM133-82>