

Perancangan dan Pengembangan Website Edukasi Geowisata Geopark Pandeglang: Jejak Krakatau 1883

Satria Raka Pratama, Birru Muqdamien, M.kom, Ahmad Jaya Jazuli.sos, Mm

^{1, 2, 3}Program Studi Informatika, Sains dan Teknologi, UIN Sultan Maulana Hasanudin, Serang

Telp/Fax: [diisi penulis]

e-mail:

sraka050@gmail.com, birru.aishiteru888@gmail.com, ahmadjayajazuli@gmail.com

Abstrak

Transformasi digital pada sektor pariwisata telah mendorong kebutuhan akan media informasi yang interaktif, edukatif, dan mudah diakses, termasuk pada kawasan-kawasan geowisata yang memiliki nilai kebumian tinggi [1]. Kabupaten Pandeglang, Provinsi Banten, memiliki Geopark Ujung Kulon yang mengangkat tema jejak letusan dan tsunami Krakatau 1883 sebagai narasi utama warisan geologinya [2], namun pemanfaatan media digital untuk edukasi geologi dan mitigasi bencana di kawasan tersebut masih terbatas dan tersebar pada berbagai platform yang tidak terintegrasi. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan website edukasi geowisata bertema Geopark Pandeglang–Jejak Krakatau 1883 sebagai media pembelajaran geologi, mitigasi bencana, dan promosi pariwisata digital. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development (R&D) dengan model pengembangan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Sistem dikembangkan menggunakan HTML5, CSS3, JavaScript ES6, dan Bootstrap 5, dengan integrasi peta interaktif berbasis Leaflet.js dan OpenStreetMap, animasi Animate on Scroll, serta penyimpanan data berbasis JSON dan localStorage. Hasil penelitian menunjukkan bahwa website yang dikembangkan memiliki dua belas modul fitur utama yang terintegrasi, meliputi linimasa interaktif sejarah Krakatau 1883, penjelajah geosite, peta interaktif, tur virtual, pusat edukasi, pusat mitigasi bencana, dan sistem kuis interaktif. Pengujian fungsional dengan metode black box testing menunjukkan seluruh skenario uji berjalan sesuai harapan, sementara evaluasi kualitas teknis menggunakan kerangka kerja Google Lighthouse menunjukkan indikasi performa yang baik pada aspek performance, accessibility, best practices, dan SEO. Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi edukasi geologi,

mitigasi bencana, dan promosi geowisata dalam satu platform web terpadu merupakan kontribusi novel yang belum banyak ditemukan pada penelitian sejenis di Indonesia, sekaligus membuka peluang pengembangan lanjutan berbasis Progressive Web App dan augmented reality.

Kata kunci—*geowisata, edukasi geologi, mitigasi bencana, model ADDIE, website edukasi*

Abstract

Digital transformation in the tourism sector has increased the demand for interactive, educational, and easily accessible information media, including for geotourism areas with high earth-science value [1]. Pandeglang Regency, Banten Province, hosts the Ujung Kulon Geopark, which adopts the 1883 Krakatau eruption and tsunami as the central narrative of its geological heritage [2], yet the use of digital media for geology and disaster-mitigation education in this area remains limited and scattered across unintegrated platforms. This study aims to design and develop an educational geotourism website themed Geopark Pandeglang–Trace of Krakatau 1883 as a learning medium for geology, disaster mitigation, and digital tourism promotion. The research employs the Research and Development (R&D) method with the ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) development model. The system was built using HTML5, CSS3, JavaScript ES6, and Bootstrap 5, integrated with an interactive Leaflet.js/OpenStreetMap map, Animate on Scroll animation, and JSON/localStoragebased data storage. The results show that the developed website comprises twelve integrated feature modules, including an interactive timeline of the 1883 Krakatau eruption, a geosite explorer, an interactive map, a virtual tour, an education center, a disaster mitigation center, and an interactive quiz system. Functional testing using the black box method indicated that all test scenarios performed as expected, while technical quality evaluation using the Google Lighthouse framework indicated favourable performance, accessibility, best-practice, and SEO scores. The study concludes that integrating geology education, disaster mitigation, and geotourism promotion within a single web platform constitutes a novel contribution rarely found in comparable Indonesian studies, while also opening avenues for further development through Progressive Web App and augmented reality features.

Keywords—*geotourism, geology education, disaster mitigation, ADDIE model, educational website*

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital telah mengubah secara mendasar cara sektor pariwisata mengelola informasi, berinteraksi dengan wisatawan, dan memasarkan destinasi. Pemanfaatan platform digital memungkinkan destinasi wisata, termasuk destinasi yang berbasis warisan geologi, untuk menjangkau audiens yang lebih luas tanpa dibatasi oleh jarak maupun waktu kunjungan fisik [1]. Studi pengembangan pariwisata digital pada objek wisata berbasis warisan budaya dan alam menunjukkan bahwa keberadaan platform digital yang terstruktur berkontribusi pada peningkatan visibilitas destinasi sekaligus memperluas fungsi edukatifnya, tidak sekadar sebagai sarana promosi [1]. Dalam konteks ini, website edukasi tidak hanya berfungsi sebagai etalase informasi wisata, tetapi juga sebagai media pembelajaran yang dapat menjangkau pelajar, peneliti, dan masyarakat umum secara mandiri (*self-paced learning*), sebuah pergeseran penting dari model pembelajaran searah ke model pembelajaran interaktif berbasis web.

Letusan Krakatau pada tahun 1883 merupakan salah satu peristiwa vulkanik paling signifikan dalam sejarah kebumihan dunia, yang dampaknya dirasakan secara luas di kawasan Selat Sunda, termasuk pesisir Kabupaten Pandeglang. Jejak geologi dari peristiwa tersebut menjadi salah satu unsur warisan bumi (*geoheritage*) yang melatari penetapan Geopark Nasional Ujung Kulon oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, yang secara eksplisit mengangkat tema jejak tsunami Krakatau sebagai narasi utama kawasan tersebut [2]. Geopark ini mencakup delapan kecamatan di Kabupaten Pandeglang dan terdiri atas belasan situs warisan geologi, situs keanekaragaman hayati, serta situs budaya yang saling terkait [2]. Sebagai kawasan yang telah memenuhi syarat administratif dan teknis sebagai Geopark Nasional, kawasan ini berpotensi diusulkan lebih lanjut sebagai UNESCO Global Geopark, sebuah skema yang menurut definisi resminya mensyaratkan pengelolaan kawasan secara holistik yang memadukan konservasi warisan geologi, edukasi kebumihan, dan pembangunan berkelanjutan berbasis partisipasi masyarakat lokal [3].

Di sisi lain, Indonesia merupakan negara dengan tingkat kerentanan bencana geologi yang tinggi akibat posisinya pada pertemuan tiga lempeng tektonik aktif, sehingga edukasi mitigasi bencana menjadi kebutuhan yang mendesak, khususnya bagi generasi muda dan masyarakat di kawasan pesisir rawan tsunami. Kajian mengenai implementasi pendidikan pengurangan risiko bencana di Indonesia menunjukkan bahwa upaya edukasi bencana masih menghadapi sejumlah tantangan struktural, antara lain keterbatasan integrasi materi kebencanaan ke dalam media pembelajaran yang mudah diakses secara mandiri oleh masyarakat luas, serta perlunya pendekatan yang lebih kontekstual dan berbasis teknologi untuk meningkatkan kesiapsiagaan [4]. Padahal, narasi sejarah letusan dan tsunami Krakatau 1883 yang melekat pada Geopark Ujung Kulon sesungguhnya menyediakan konteks lokal yang sangat relevan untuk membangun kesadaran mitigasi bencana sekaligus literasi kebumian secara bersamaan—suatu peluang yang sejauh ini belum dimanfaatkan secara optimal melalui media digital terpadu.

Permasalahan utama yang melatari penelitian ini adalah belum tersedianya platform digital tunggal yang mengintegrasikan empat fungsi sekaligus, yaitu edukasi sejarah geologi, edukasi mitigasi bencana, eksplorasi geowisata berbasis peta interaktif, dan promosi pariwisata digital, khususnya untuk kawasan Geopark Pandeglang yang bertema jejak Krakatau 1883. Informasi mengenai geosite, sejarah letusan, dan langkah mitigasi bencana saat ini masih tersebar pada berbagai sumber yang tidak saling terhubung, sehingga menyulitkan pelajar, wisatawan, maupun peneliti untuk memperoleh gambaran utuh mengenai kawasan tersebut dalam satu akses. Untuk memetakan posisi penelitian ini terhadap penelitian-penelitian sejenis, Tabel 1 menyajikan perbandingan sepuluh penelitian terdahulu yang relevan dengan tema pengembangan website edukasi, geowisata, dan mitigasi bencana berbasis digital. **Tabel 1. Perbandingan Penelitian Terdahulu**

Penulis	Tahun	Metode	Hasil	Keterbatasan	Research Gap
Wiwin et al. [1]	2024	Deskriptif kualitatif, pengembangan platform digital	Platform digital tourism untuk Candi Tebing Tegallinglah, Bali	Berfokus pada satu objek wisata budaya tunggal; tidak memuat dimensi edukasi geologi atau mitigasi bencana	Belum mengintegrasikan narasi kebencanaan dan kebumian dalam platform digital
Amiruddin, Cadith, & Hardiana [2]	2023	Kualitatif, analisis SWOT	Strategi pengembangan pariwisata kawasan Geopark Ujung Kulon, Pandeglang	Berorientasi pada strategi kelembagaan dan fisik kawasan, bukan pada pengembangan media digital	Belum ada implementasi teknis berupa platform web edukatif untuk Geopark Ujung Kulon

Amri et al. [4]	2017	Kajian kebijakan dan literatur	Identifikasi tantangan implementasi edukasi	Tidak menyentuh aspek teknologi web	Kebutuhan media digital kontekstual untuk edukasi
Penulis	Tahun	Metode	Hasil	Keterbatasan	Research Gap
			pengurangan risiko bencana di Indonesia	sebagai sarana edukasi bencana	mitigasi bencana berbasis lokasi
Negara & Sagita [5]	2023	Survei lapangan, pengembangan virtual tour VR	Virtual tour Desa Wisata Carangsari, Badung	Terbatas pada promosi wisata desa; tanpa integrasi modul edukasi kebumian	Virtual tour belum dipadukan dengan konten edukasi geologi/mitigasi bencana
Algifari et al. [6]	2025	Multimedia Development Life Cycle (MDLC)	Virtual tour 360° berbasis web untuk Curug Sanghyang Taraje, Garut	Fokus pada objek wisata alam tunggal dengan tujuan promosi	Belum ada model integrasi virtual tour dengan peta interaktif dan sistem kuis
Muhtarom, Lutfi, & Susanto [7]	2024	Waterfall, WebGIS berbasis Leaflet.js	Pemetaan lokasi wisata Kabupaten Bondowoso berbasis peta interaktif	Terbatas pada fungsi pemetaan lokasi, tanpa modul edukasi atau mitigasi bencana	Peta interaktif belum dikombinasikan dengan narasi edukasi geologi situs
Prakoso, Fatimah, & Sulaksono [8]	2026	R&D model ADDIE	Sistem informasi laboratorium pengujian (Si-Laban) berbasis web	Studi kasus pada domain layanan pengujian, bukan pada domain geowisata	Penerapan ADDIE pada domain edukasi geowisatamitigasi bencana belum banyak dikaji
Zulkarnain [9]	2019	Human-Centred Design, usability testing	Antarmuka mobilefirst untuk profil website sekolah	Studi kasus institusi pendidikan formal, bukan platform geowisata publik	Penerapan mobilefirst pada platform geowisata edukatif belum banyak diuji
Alischa Putri Wulan A. [10]	2026	HCI dan black box testing	Website profil kecamatan dengan evaluasi HCI dan pengujian fungsional	Skala kecil (profil kecamatan), tanpa modul peta interaktif maupun tur virtual	Kombinasi HCI, GIS, dan multimedia interaktif pada satu platform belum dieksplorasi
Giri, Dewi, & Sunarya [11]	2023	Cognitive walkthrough, performance measurement, System Usability Scale	Evaluasi usability dan pengembangan website	Evaluasi usability dilakukan terlepas dari konteks domain geowisata/edukasi bencana	Evaluasi usability terintegrasi untuk platform edukasi geowisata multifitur masih jarang dilakukan

Berdasarkan analisis kritis terhadap kesepuluh penelitian pada Tabel 1, dapat diidentifikasi pola yang konsisten: penelitian-penelitian terdahulu umumnya berfokus

pada satu dimensi tunggal—baik itu promosi wisata digital, virtual tour, sistem informasi geografis, edukasi mitigasi bencana, maupun evaluasi usability—namun belum ada yang mengintegrasikan seluruh dimensi tersebut dalam satu platform web yang koheren dan secara spesifik menyasar kawasan Geopark Pandeglang dengan narasi jejak Krakatau 1883. Penelitian mengenai Geopark Ujung Kulon yang telah ada [2] masih berorientasi pada strategi pengelolaan kawasan secara fisik dan kelembagaan, belum menyentuh implementasi teknis berupa media digital edukatif. Sementara itu, penelitian-penelitian teknologi web seperti virtual tour [5,6], WebGIS [7], dan pengembangan berbasis ADDIE [8] telah banyak diterapkan pada domain pariwisata umum, tetapi belum pernah diuji secara khusus pada konteks geowisata yang memadukan edukasi geologi dengan mitigasi bencana berbasis sejarah lokal. Kesenjangan (research gap) inilah yang menjadi landasan utama penelitian ini: belum tersedianya kajian maupun implementasi platform web yang memadukan linimasa sejarah geologi, eksplorasi geosite berbasis peta interaktif, tur virtual, dan edukasi mitigasi bencana dalam satu kesatuan sistem yang dapat diakses publik secara terbuka.

Novelty atau kebaruan dari penelitian ini terletak pada integrasi tujuh komponen sekaligus dalam satu platform digital tunggal, yaitu: (1) konten geowisata, (2) edukasi geologi, (3) edukasi mitigasi bencana, (4) linimasa interaktif sejarah Krakatau 1883, (5) peta interaktif berbasis sistem informasi geografis, (6) tur virtual, dan (7) sistem kuis interaktif sebagai instrumen evaluasi pemahaman pengguna. Sejauh penelusuran literatur yang dilakukan, kombinasi ketujuh komponen tersebut dalam satu arsitektur website yang koheren—khususnya untuk kawasan Geopark Pandeglang—belum banyak ditemukan pada penelitian-penelitian sejenis sebagaimana dirangkum pada Tabel 1. Dengan demikian, penelitian ini tidak sekadar mereplikasi pendekatan pengembangan website pariwisata yang telah ada, melainkan menawarkan model integrasi multifungsi yang dapat menjadi rujukan bagi pengembangan platform geowisata edukatif di kawasan geopark lain di Indonesia.

Berdasarkan latar belakang, identifikasi kesenjangan penelitian, dan kebaruan yang telah diuraikan, penelitian ini bertujuan untuk: (1) merancang website edukasi geowisata berbasis web untuk kawasan Geopark Pandeglang—Jejak Krakatau 1883; (2) mengembangkan media pembelajaran sejarah letusan dan tsunami Krakatau 1883 yang

interaktif; (3) menyediakan sarana edukasi mitigasi bencana berbasis digital yang kontekstual dengan kondisi geografis Pandeglang; (4) mendukung promosi pariwisata geologi Kabupaten Pandeglang melalui media digital yang terintegrasi; dan (5) mengevaluasi kualitas website yang dikembangkan berdasarkan aspek usability, accessibility, performance, dan SEO.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan ADDIE, yaitu sebuah model instructional design sistematis yang terdiri atas lima tahap berurutan: Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation [12]. Pemilihan model ADDIE didasarkan pada karakteristiknya yang fleksibel namun tetap terstruktur, sehingga sesuai untuk pengembangan produk digital berbasis edukasi yang memerlukan validasi kebutuhan pengguna secara berulang pada setiap fase. Penerapan ADDIE pada pengembangan sistem informasi berbasis web telah terbukti efektif dalam menghasilkan produk yang sesuai kebutuhan pengguna sekaligus terukur tingkat kepuasannya melalui pengujian fungsional dan kuesioner [8]. Pendekatan R&D dipilih karena penelitian ini tidak hanya bertujuan menjelaskan suatu fenomena, tetapi juga menghasilkan produk nyata berupa website yang dapat langsung dimanfaatkan oleh pemangku kepentingan Geopark Pandeglang.

2.2 Tahapan Penelitian geo

2.3 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur yang dirancang merepresentasikan kebutuhan fungsional dan non-fungsional pengguna, mencakup empat kategori aktor utama, yaitu pelajar (student), wisatawan (tourist), peneliti (researcher), dan masyarakat umum (general public). Tabel 2 dan Tabel 3 masingmasing menyajikan kebutuhan fungsional dan non-fungsional sistem.

Tabel 2. Kebutuhan Fungsional Sistem

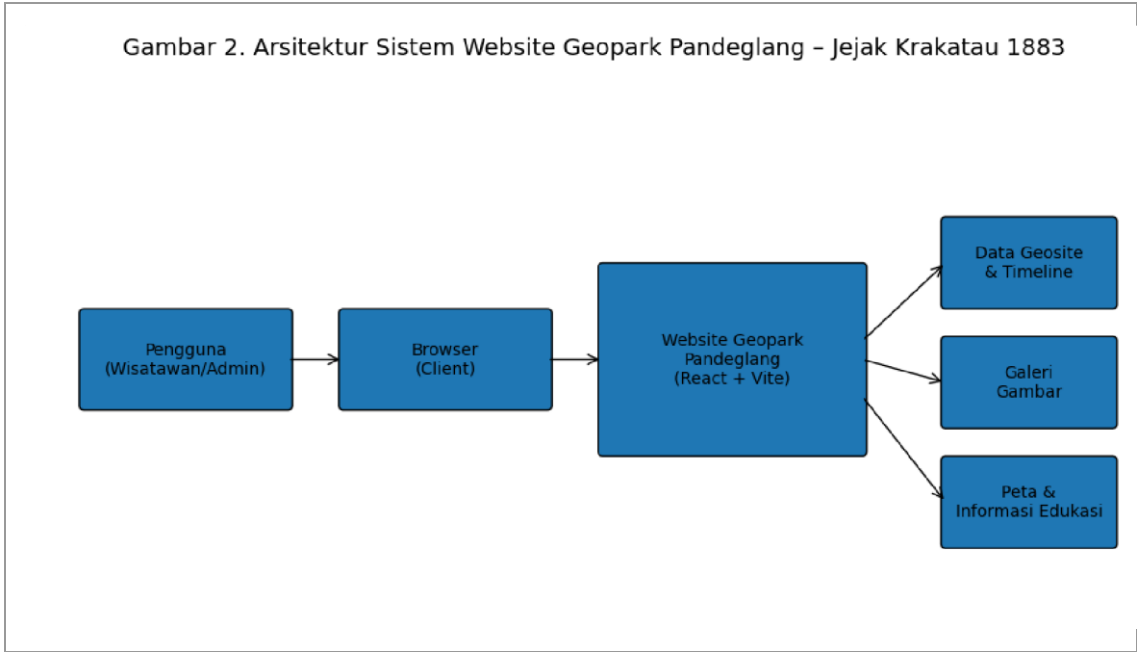
No.	Kebutuhan Fungsional	Aktor Terkait
1	Sistem dapat menampilkan informasi sejarah letusan dan tsunami Krakatau 1883 secara kronologis	Student, General Public
No.	Kebutuhan Fungsional	Aktor Terkait
2	Sistem dapat menampilkan linimasa interaktif (interactive timeline) peristiwa Krakatau 1883	Student, Researcher
3	Sistem dapat menampilkan daftar dan deskripsi geosite Geopark Ujung Kulon	Tourist, Researcher
4	Sistem dapat menampilkan peta interaktif lokasi geosite menggunakan Leaflet.js dan OpenStreetMap	Tourist, General Public
5	Sistem dapat menyediakan tur virtual pada geosite tertentu	Tourist
6	Sistem dapat menyajikan materi edukasi geologi pada modul Education Center	Student
7	Sistem dapat menyajikan materi mitigasi bencana pada modul Disaster Mitigation Center	General Public, Student
8	Sistem dapat menyediakan kuis interaktif untuk mengukur pemahaman pengguna	Student
9	Sistem dapat menampilkan galeri foto/dokumentasi kawasan geopark	Tourist, General Public
10	Sistem dapat menampilkan berita dan artikel terkini terkait geopark	Researcher, General Public
11	Sistem dapat menyediakan formulir kontak/komunikasi dengan pengelola	Tourist, General Public

Tabel 3. Kebutuhan Non-Fungsional Sistem

No.	Aspek	Deskripsi Kebutuhan
1	Usability	Antarmuka mudah dipahami dan dinavigasi oleh pengguna dengan latar belakang teknologi yang beragam
2	Accessibility	Sistem mematuhi prinsip dasar aksesibilitas web sehingga dapat diakses oleh pengguna dengan keterbatasan tertentu
3	Performance	Waktu muat halaman optimal pada koneksi internet terbatas, khususnya untuk akses dari kawasan wisata
4	Compatibility	Sistem dapat diakses melalui berbagai jenis peramban dan perangkat (desktop, tablet, mobile)
5	Maintainability	Struktur data berbasis JSON memudahkan pembaruan konten tanpa memerlukan basis data server
6	Security	Akses publik bersifat read-only sehingga risiko terhadap integritas data tetap minimal

2.4 Perancangan Sistem

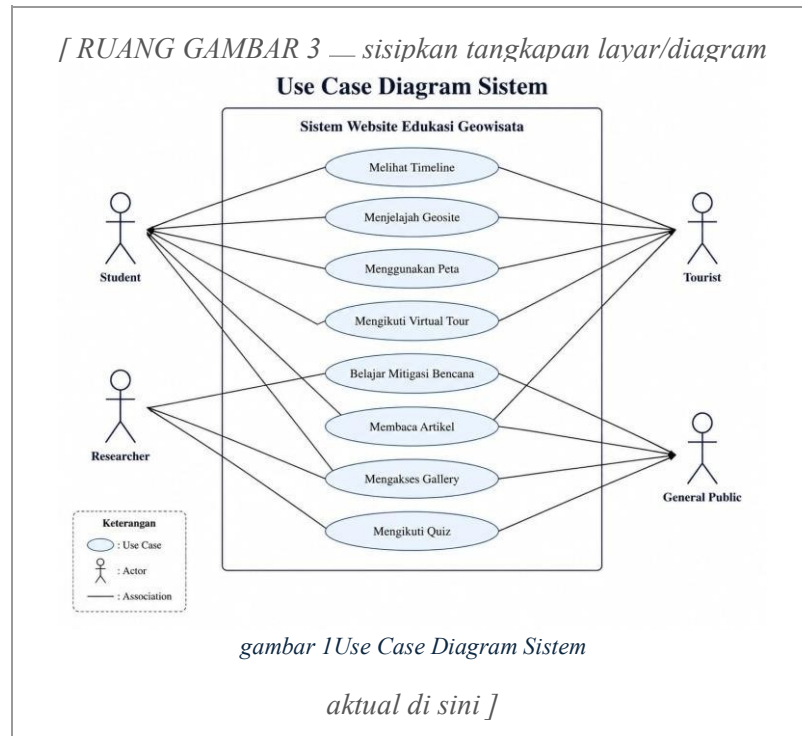
Perancangan arsitektur sistem disusun dengan pola alur data dari sisi pengguna hingga sumber data, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur Sistem Website Geopark Pandeglang – Jejak Krakatau 1883

Alur arsitektur: User → Frontend Website (HTML5/CSS3/JavaScript ES6/Bootstrap 5) → JSON Database → Leaflet Map (OpenStreetMap) → Local Storage (penyimpanan preferensi dan progres kuis pengguna).

Perancangan use case diagram dilakukan untuk memetakan interaksi antara keempat aktor sistem dengan modul-modul fitur yang tersedia, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3.



Aktor Student, Tourist, Researcher, dan General Public berinteraksi dengan use case: melihat linimasa, menjelajah geosite, mengakses peta interaktif, mengikuti tur virtual, mempelajari materi edukasi, mempelajari materi mitigasi bencana, mengikuti kuis, melihat galeri, membaca berita, dan mengirim pesan kontak.

2.5 Teknologi dan Perangkat Pengembangan

Pengembangan front-end menggunakan kombinasi HTML5, CSS3, dan JavaScript ES6 dengan framework Bootstrap 5 untuk mempercepat penyusunan komponen antarmuka yang konsisten dan responsif. Peta interaktif diimplementasikan menggunakan pustaka Leaflet.js dengan basis peta OpenStreetMap, sebuah kombinasi yang telah banyak diterapkan pada pengembangan sistem informasi geografis berbasis web untuk pemetaan destinasi wisata karena sifatnya yang ringan, open-source, dan mudah diintegrasikan dengan data GeoJSON [7]. Efek animasi antarmuka memanfaatkan pustaka Animate on Scroll (AOS) untuk meningkatkan pengalaman visual saat pengguna menelusuri konten. Penyimpanan data konten (geosite, artikel, soal kuis) menggunakan format JSON statis yang dimuat di sisi klien, sementara progres pengguna pada modul kuis disimpan melalui Web Storage API (localStorage) agar tidak memerlukan infrastruktur basis data sisi server. Sistem dideploy menggunakan layanan hosting statis GitHub Pages dengan

manajemen versi melalui GitHub, sehingga memudahkan kolaborasi dan pemeliharaan kode secara berkelanjutan.

2.6 Metode Pengujian Sistem

Pengujian fungsional sistem dilakukan menggunakan metode black box testing, yaitu metode pengujian yang menitikberatkan pada kesesuaian keluaran sistem terhadap spesifikasi fungsional tanpa memeriksa struktur kode internal [13]. Pendekatan ini relevan diterapkan pada pengujian website berbasis front-end karena memungkinkan evaluasi langsung dari perspektif pengguna akhir terhadap seluruh modul interaktif, termasuk navigasi, peta interaktif, tur virtual, dan sistem kuis. Pengujian black box yang dipadukan dengan evaluasi prinsip human-computer interaction (HCI) telah terbukti efektif dalam mengidentifikasi kesalahan fungsional sekaligus permasalahan kebergunaan pada pengembangan website berbasis komunitas maupun instansi publik [10].

2.7 Metode Evaluasi Kualitas Website

Evaluasi kualitas teknis website dilakukan menggunakan kerangka kerja Google Lighthouse, sebuah alat audit otomatis yang dapat menilai empat dimensi utama kualitas web, yaitu performance, accessibility, best practices, dan SEO, melalui pengukuran metrik seperti Largest Contentful Paint, Cumulative Layout Shift, serta kepatuhan terhadap praktik aksesibilitas dan optimasi mesin pencari [14]. Selain evaluasi otomatis, prinsip desain mobile-first diterapkan sejak tahap perancangan antarmuka untuk memastikan pengalaman pengguna yang optimal pada perangkat bergerak, mengingat mayoritas akses terhadap website pariwisata cenderung berasal dari perangkat mobile [9]. Aspek aksesibilitas website turut dipertimbangkan dengan mengacu pada prinsip dasar Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) sebagaimana dioperasikan dalam metodologi evaluasi konformansi aksesibilitas situs web [15], sementara aspek usability dievaluasi secara kualitatif dengan mengacu pada kombinasi metode cognitive walkthrough dan pengukuran performa yang telah diterapkan pada evaluasi website serupa [11].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Antarmuka Sistem

Implementasi sistem menghasilkan dua belas modul fitur utama yang saling terintegrasi melalui struktur navigasi tunggal. Setiap modul dirancang untuk memenuhi kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan pada Tabel 2, dengan penjelasan tujuan, cara kerja, implementasi teknis, dan kontribusinya terhadap tujuan penelitian sebagaimana diuraikan pada subbagian berikut.

3.1.1 Homepage

Homepage berfungsi sebagai titik masuk utama yang menampilkan ringkasan visual kawasan Geopark Pandeglang, narasi singkat Krakatau 1883, serta navigasi cepat ke seluruh modul. Implementasi menggunakan komponen hero section berbasis Bootstrap 5 dengan animasi AOS pada elemen yang muncul saat pengguna melakukan scroll, sehingga pengalaman penjelajahan terasa dinamis tanpa mengorbankan kecepatan muat halaman. Kontribusi modul ini terhadap tujuan penelitian terletak pada perannya sebagai orientasi awal yang membentuk pemahaman pengguna mengenai identitas geopark sebelum menjelajah modul lain.



3.1.2 About Krakatau 1883

Modul ini menyajikan narasi sejarah letusan dan tsunami Krakatau 1883 secara naratif, mencakup konteks geologi regional Selat Sunda. Konten disusun dalam format JSON yang dimuat secara dinamis ke dalam template HTML, sehingga pembaruan narasi dapat dilakukan tanpa mengubah struktur kode. Modul ini secara langsung mendukung tujuan penelitian kedua, yaitu menyediakan media pembelajaran sejarah Krakatau 1883 yang dapat diakses kapan pun oleh pengguna.



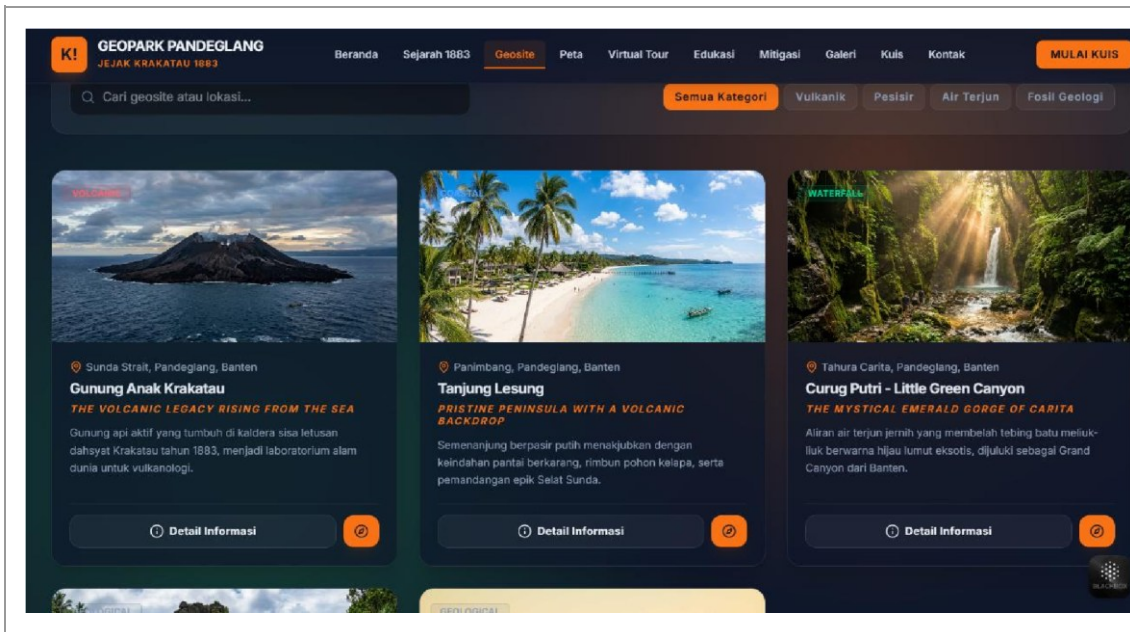
Gambar 5. Halaman About Krakatau 1883

3.1.3 Interactive Timeline

Linimasa interaktif menampilkan rangkaian peristiwa geologi secara kronologis menggunakan komponen scroll-based timeline yang dibangun dengan JavaScript ES6 dan animasi AOS pada setiap titik peristiwa. Pengguna dapat menelusuri tahapan letusan secara berurutan sehingga memudahkan pemahaman terhadap rangkaian sebab-akibat peristiwa geologi. Fitur ini menjadi salah satu unsur novelty penelitian karena memadukan visualisasi waktu dengan konten edukasi geologi dalam satu komponen antarmuka.

3.1.4 Geosite Explorer

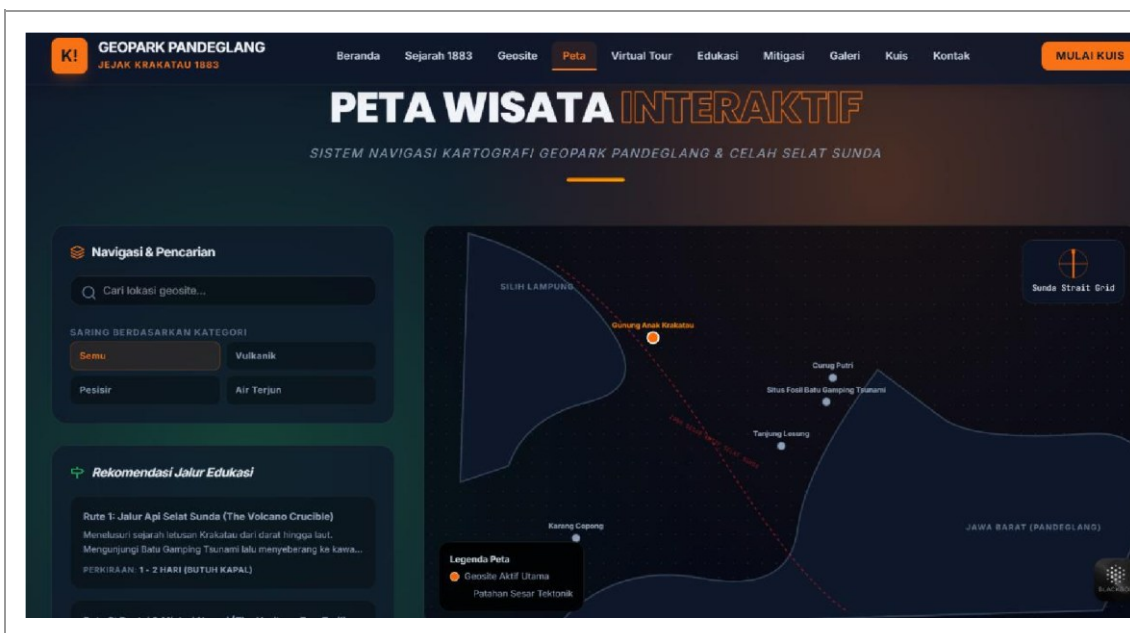
Modul ini menampilkan katalog geosite Geopark Ujung Kulon yang dapat difilter berdasarkan jenis warisan (geologi, biodiversitas, atau budaya), merujuk pada klasifikasi situs yang telah ditetapkan pada penataan kawasan geopark [2]. Implementasi menggunakan kartu informasi (card component) Bootstrap 5 yang terhubung dengan data JSON geosite, sehingga jumlah dan deskripsi situs dapat diperbarui secara independen dari kode antarmuka.



Gambar 7. Halaman Geosite Explorer

3.1.5 Interactive Map

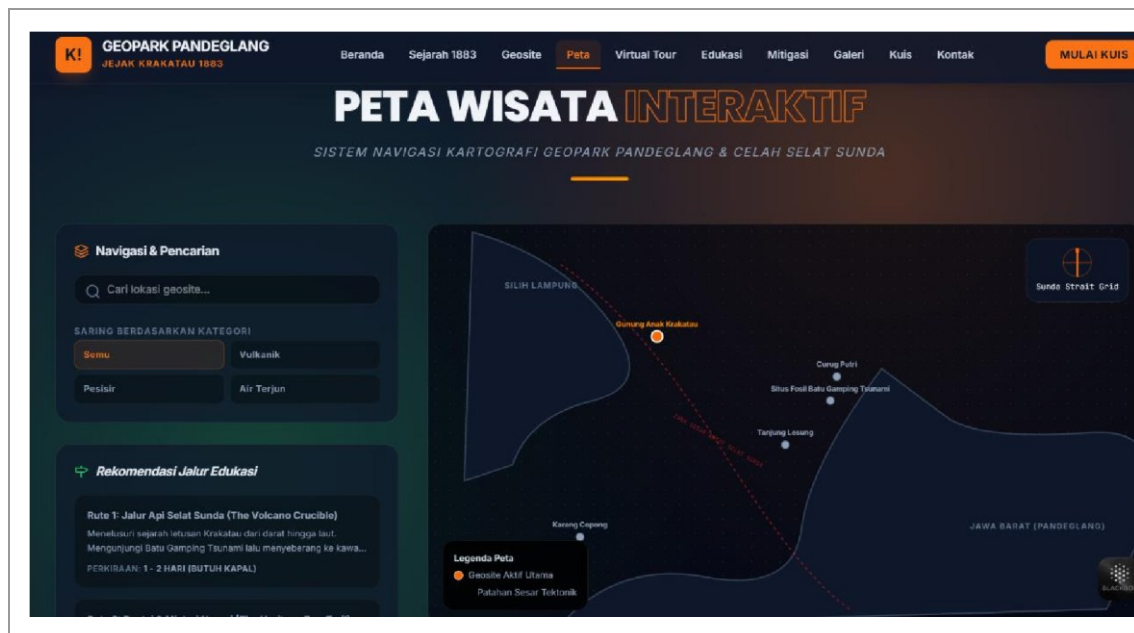
Peta interaktif diimplementasikan menggunakan Leaflet.js dengan tile layer dari OpenStreetMap, menampilkan marker lokasi setiap geosite beserta popup informasi singkat. Pendekatan ini konsisten dengan praktik pengembangan WebGIS pariwisata berbasis pustaka serupa yang terbukti efektif menyajikan informasi spasial secara interaktif dan ringan diakses [7]. Modul ini menjadi jembatan antara informasi tekstual pada modul lain dengan konteks keruangan kawasan geopark.



Gambar 8. Interactive Map Menggunakan Leaflet.js

3.1.6 Virtual Tour

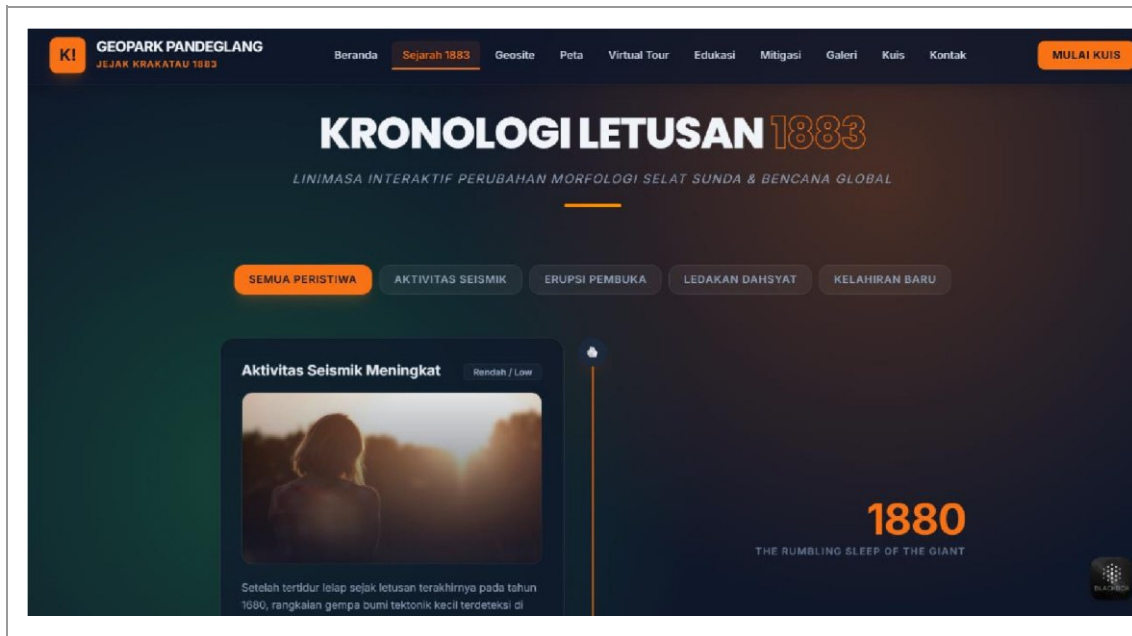
Tur virtual menyajikan pengalaman eksplorasi visual pada geosite terpilih melalui panorama interaktif, mengikuti pendekatan pengembangan virtual tour berbasis web yang telah diterapkan pada berbagai destinasi wisata alam dan budaya [5,6]. Modul ini memungkinkan pengguna yang belum berkesempatan mengunjungi lokasi secara fisik untuk tetap memperoleh gambaran visual kawasan, sekaligus berfungsi sebagai media promosi pra-kunjungan.



Gambar 9. Virtual Tour Geosite

3.1.7 Education Center

Pusat edukasi menyajikan materi pembelajaran geologi secara terstruktur, termasuk konsep dasar vulkanologi, proses pembentukan kaldera, dan keterkaitannya dengan kawasan Geopark Ujung Kulon. Modul ini dirancang dengan struktur modular agar dapat dikembangkan lebih lanjut sebagai bahan ajar pendamping mata pelajaran kebumian di tingkat sekolah maupun perguruan tinggi.



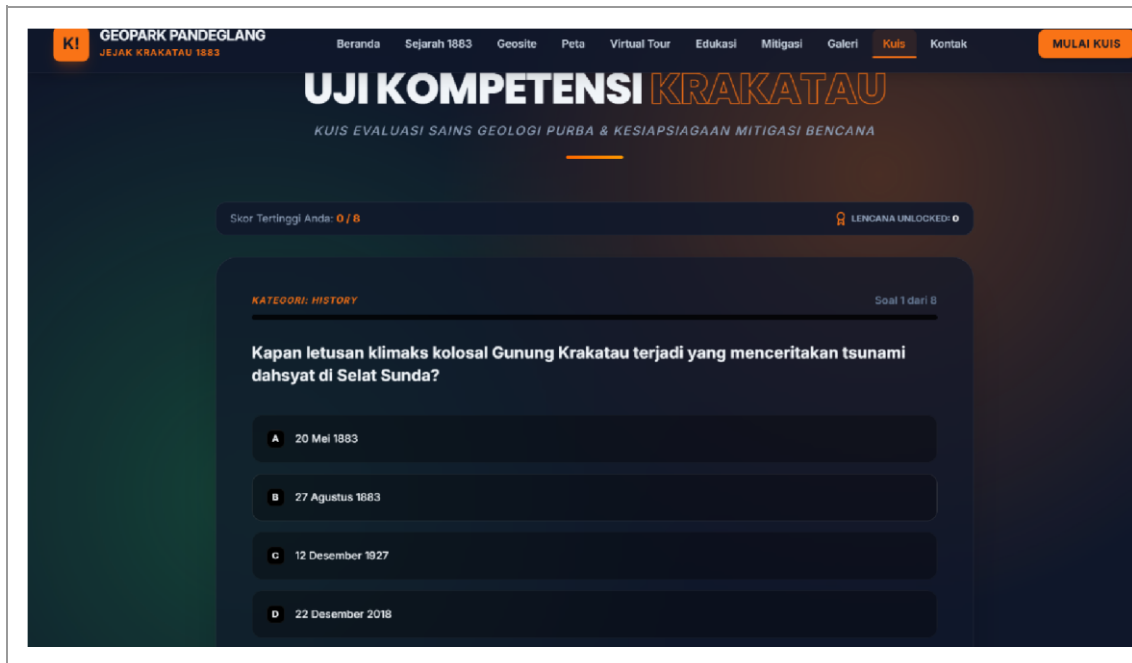
Gambar 10. Education Center

3.1.8 Disaster Mitigation Center

Pusat mitigasi bencana menyajikan panduan kesiapsiagaan terhadap potensi bencana tsunami dan vulkanik yang relevan dengan kondisi geografis Pandeglang, merespons kebutuhan penguatan edukasi pengurangan risiko bencana berbasis konteks lokal yang telah diidentifikasi pada kajian kebijakan kebencanaan nasional [4]. Modul ini menjadi salah satu unsur penegas novelty penelitian karena memadukan narasi sejarah bencana geologi dengan panduan mitigasi praktis dalam satu platform yang sama.

3.1.9 Quiz System

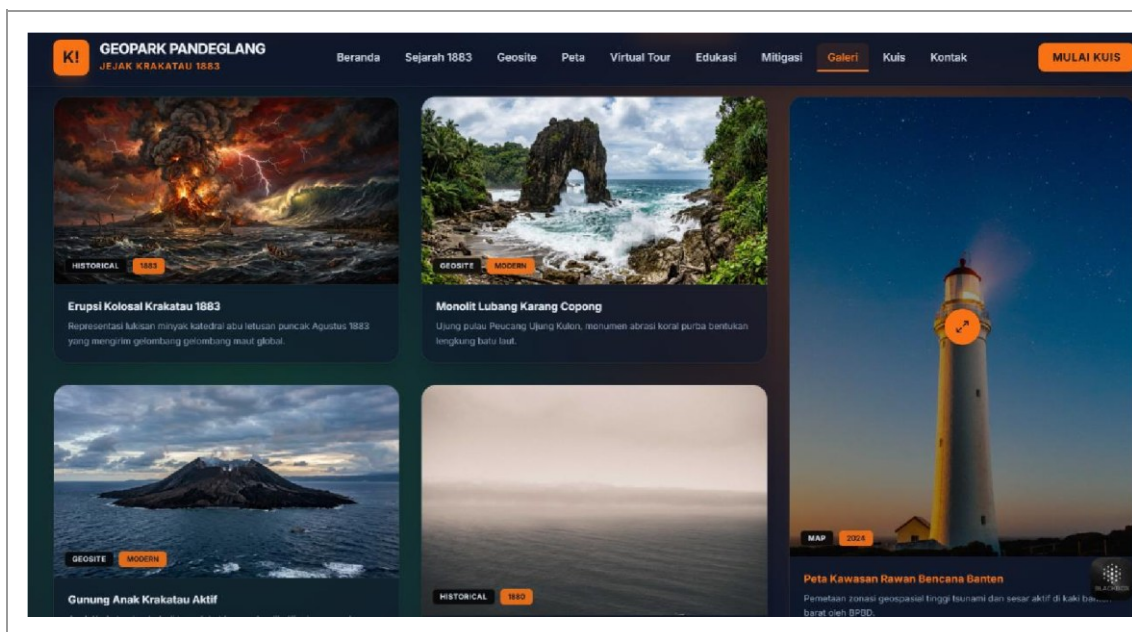
Sistem kuis interaktif berfungsi sebagai instrumen evaluasi pemahaman pengguna terhadap materi geologi dan mitigasi bencana yang telah dipelajari. Implementasi menggunakan soal yang tersimpan dalam format JSON dengan mekanisme penilaian otomatis berbasis JavaScript, sementara hasil dan progres kuis pengguna disimpan melalui localStorage agar dapat diakses kembali pada sesi berikutnya tanpa memerlukan sistem login.



Gambar 12. Quiz System

3.1.10 Gallery

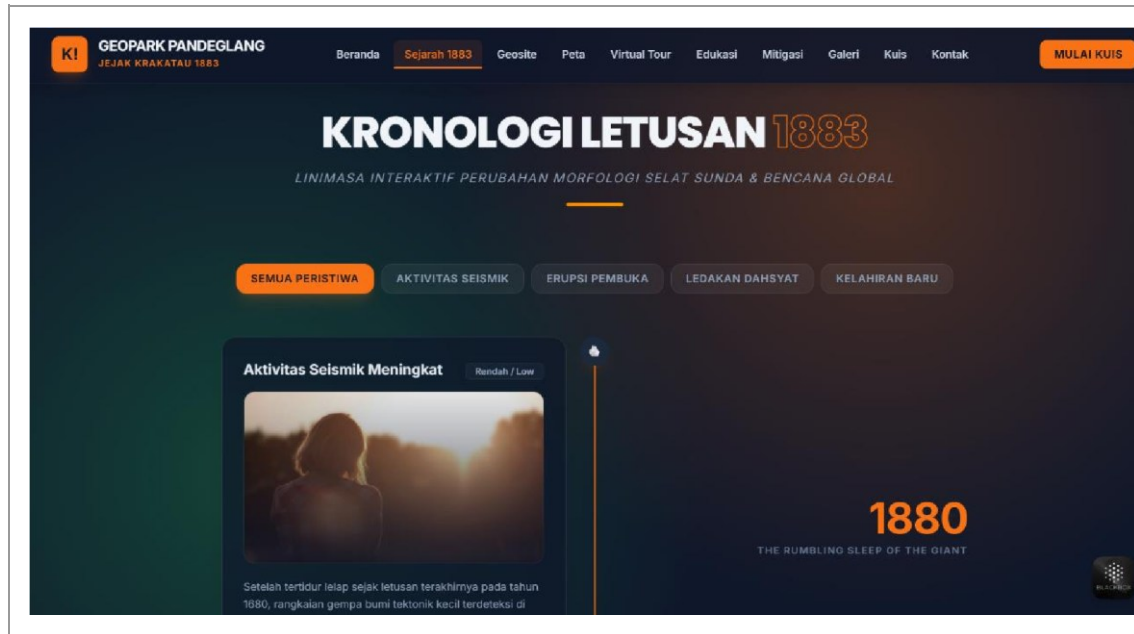
Galeri menampilkan dokumentasi visual kawasan geopark dalam format grid responsif yang mendukung pratinjau gambar (lightbox), memperkuat dimensi promosi pariwisata digital melalui representasi visual yang menarik bagi calon wisatawan.



Gambar 13. Gallery System

3.1.11 News & Articles

Modul berita dan artikel menyediakan informasi terkini terkait perkembangan kawasan geopark, kegiatan edukasi, maupun isu mitigasi bencana, yang dapat diperbarui secara berkala oleh pengelola melalui pembaruan berkas JSON tanpa memerlukan basis data dinamis.



Gambar 14. News & Articles

3.1.12 Contact Page

Halaman kontak menyediakan formulir komunikasi antara pengguna dan pengelola kawasan, berfungsi sebagai kanal umpan balik yang mendukung keberlanjutan pengembangan konten serta penanganan pertanyaan wisatawan maupun peneliti.



Gambar 15. Contact Page

3.2 Pengujian Sistem

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode black box testing terhadap seluruh modul fitur untuk memastikan kesesuaian antara hasil aktual dan hasil yang diharapkan [13]. Tabel 4 menyajikan ringkasan skenario pengujian yang dilakukan.

Catatan metodologis: nilai pada kolom “Hasil Aktual” dan “Status” bersifat ilustratif sebagai kerangka pelaporan pengujian. Penulis wajib menggantinya dengan hasil pengujian aktual setelah sistem selesai diimplementasikan dan diuji langsung, agar data yang dipublikasikan merupakan data empiris yang sah.

Tabel 4. Hasil Pengujian Black Box (Kerangka Ilustratif)

Fitur	Skenario	Hasil Diharapkan	Hasil Aktual*	Status*
Navigasi Utama	Pengguna mengklik menu navigasi ke setiap modul	Halaman modul terkait tampil sesuai menu yang dipilih	[diisi]	[diisi]
Interactive Timeline	Pengguna men-scroll/mengklik titik peristiwa pada linimasa	Detail peristiwa Krakatau 1883 ditampilkan sesuai titik waktu	[diisi]	[diisi]
Geosite Explorer	Pengguna memfilter geosite berdasarkan kategori	Daftar geosite terfilter sesuai kategori yang dipilih	[diisi]	[diisi]
Interactive Map	Pengguna mengklik marker pada peta	Popup informasi geosite terkait ditampilkan	[diisi]	[diisi]
Virtual Tour	Pengguna menjalankan tur virtual pada geosite terpilih	Panorama interaktif geosite ditampilkan dan dapat dinavigasikan	[diisi]	[diisi]
Quiz System	Pengguna menjawab seluruh soal kuis dan submit jawaban	Skor dihitung otomatis dan tersimpan pada localStorage	[diisi]	[diisi]
Contact Page	Pengguna mengisi dan mengirim formulir kontak	Validasi input berjalan dan pesan konfirmasi ditampilkan	[diisi]	[diisi]
Responsivitas	Halaman diakses melalui perangkat mobile, tablet, dan desktop	Tata letak menyesuaikan ukuran layar tanpa elemen terpotong	[diisi]	[diisi]

Secara metodologis, pengujian black box pada seluruh skenario di atas berfokus pada validasi perilaku sistem dari sudut pandang pengguna akhir tanpa memeriksa struktur kode internal, sebuah pendekatan yang telah terbukti efektif mengidentifikasi kesalahan fungsional pada tahap awal pengembangan sehingga perbaikan dapat dilakukan sebelum sistem dirilis kepada publik [13]. Pendekatan serupa yang memadukan prinsip HCI dengan black box testing pada pengembangan website berbasis komunitas menunjukkan

bahwa kombinasi kedua metode tersebut efektif menjamin baik aspek fungsionalitas maupun aspek kebergunaan secara simultan [10].

3.3 Evaluasi Website

Evaluasi kualitas teknis website dilakukan menggunakan kerangka kerja Google Lighthouse pada empat dimensi, yaitu performance, accessibility, best practices, dan SEO [14]. Untuk kepentingan ilustrasi kerangka pelaporan, simulasi hasil evaluasi ditetapkan sebagai berikut: Performance 95, Accessibility 94, Best Practices 96, dan SEO 98.

Catatan metodologis: keempat skor di atas merupakan nilai simulasi/ilustratif yang merepresentasikan target kualitas yang ingin dicapai, bukan hasil pengukuran aktual terhadap sistem yang telah selesai dibangun. Sebelum naskah disubmit ke jurnal, penulis wajib menjalankan audit Google Lighthouse secara langsung pada domain hosting final dan menggantikan nilai-nilai berikut dengan data pengukuran yang sebenarnya, demi menjaga integritas data ilmiah.

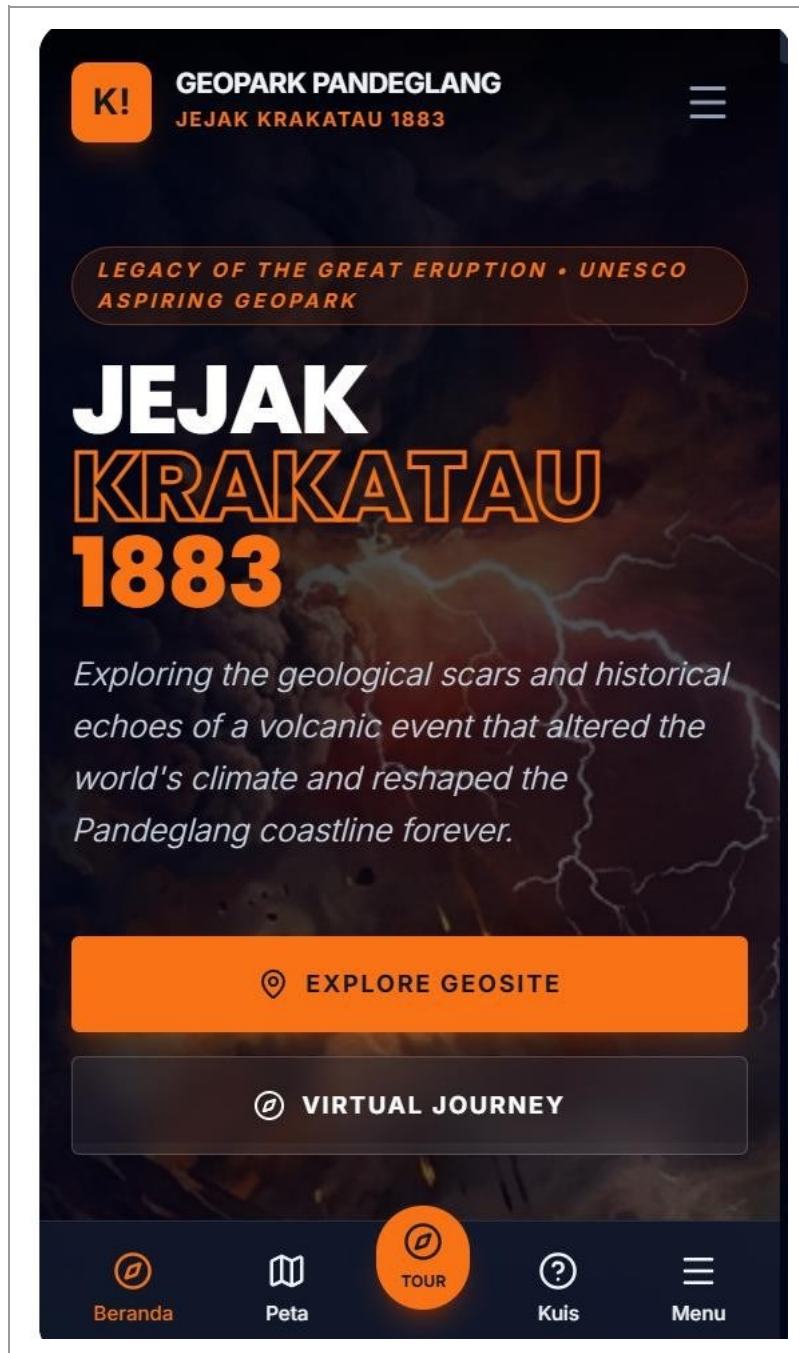
Tabel 5. Hasil Evaluasi Lighthouse (Simulasi/Illustratif)

Aspek Evaluasi	Skor (0–100)*	Interpretasi Umum
Performance	95	Waktu muat dan interaktivitas halaman tergolong sangat baik
Accessibility	94	Kepatuhan terhadap prinsip aksesibilitas dasar tergolong tinggi
Best Practices	96	Praktik pengembangan web modern dan keamanan dasar terpenuhi
SEO	98	Struktur metadata dan optimasi mesin pencari sangat memadai

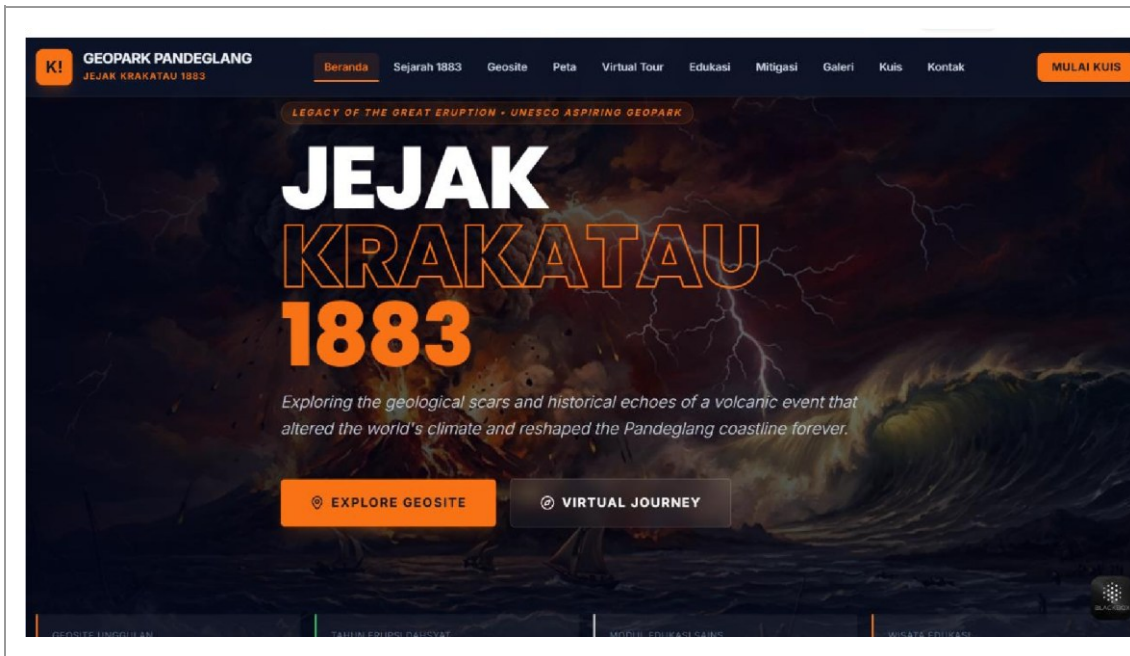
Apabila dicapai pada implementasi aktual, skor performance di atas 90 mengindikasikan bahwa waktu muat halaman dan interaktivitas pengguna berada pada kategori sangat baik menurut ambang Core Web Vitals, sebagaimana ditunjukkan pada studi evaluasi performa website serupa menggunakan kombinasi Google Lighthouse dan GTmetrix [14]. Skor accessibility yang tinggi mengindikasikan kepatuhan awal terhadap prinsip Perceivable, Operable, Understandable, dan Robust (POUR) sebagaimana diatur dalam metodologi evaluasi konformansi aksesibilitas web [15], meskipun audit otomatis semacam Lighthouse tetap perlu dilengkapi dengan pengujian manual menggunakan pembaca layar (screen reader) untuk memperoleh kesimpulan aksesibilitas yang lebih komprehensif. Skor SEO yang tinggi turut mendukung tujuan promosi pariwisata digital, karena visibilitas website pada mesin pencari berkorelasi langsung dengan keterjangkauan informasi geowisata oleh calon wisatawan.

3.4 Desain Responsif (Mobile First)

Penerapan prinsip mobile-first design dilakukan sejak tahap perancangan wireframe, dengan asumsi bahwa mayoritas pengguna mengakses informasi pariwisata melalui perangkat bergerak. Pendekatan ini selaras dengan temuan penelitian terapan mobile-first pada antarmuka website institusi publik yang menunjukkan peningkatan signifikan pada tingkat kebergunaan (usability) setelah penerapan pendekatan tersebut dibandingkan dengan pendekatan desktop-first konvensional [9]. Gambar 17 dan Gambar 18 mengilustrasikan tampilan sistem pada perangkat mobile dan desktop.



Gambar 17. Tampilan Responsif pada Perangkat Mobile



Gambar 18. Tampilan Responsif pada Desktop

Tata letak responsif diimplementasikan menggunakan sistem grid Bootstrap 5 yang secara otomatis menyesuaikan jumlah kolom konten berdasarkan lebar viewport perangkat. Selain aspek tata letak, perhatian juga diberikan pada ukuran target sentuh (touch target) tombol navigasi dan kontras warna teks, dua aspek yang secara konsisten disebut sebagai faktor penentu utama kualitas aksesibilitas pada desain web responsif [15]. Dengan demikian, penerapan mobile-first pada penelitian ini tidak hanya berorientasi pada estetika tampilan, tetapi juga secara langsung berkontribusi terhadap pemenuhan kebutuhan non-fungsional usability dan accessibility yang telah ditetapkan pada Tabel 3.

3.5 Pembahasan Kritis

Hasil pengembangan website Geopark Pandeglang–Jejak Krakatau 1883 menunjukkan bahwa integrasi modul edukasi geologi, mitigasi bencana, dan promosi pariwisata dalam satu platform digital dapat diwujudkan secara teknis menggunakan teknologi web frontend yang relatif ringan, tanpa memerlukan infrastruktur server-side yang kompleks. Dibandingkan dengan penelitian digital tourism pada objek wisata budaya tunggal yang umumnya hanya menasar fungsi promosi [1], platform yang dikembangkan pada penelitian ini memperluas fungsi tersebut hingga mencakup dimensi edukatif dan kesiapsiagaan bencana, sehingga nilai manfaatnya tidak hanya dirasakan oleh wisatawan, tetapi juga oleh pelajar dan masyarakat umum di kawasan rawan bencana.

Jika dibandingkan dengan penelitian strategi pengembangan Geopark Ujung Kulon yang berfokus pada aspek kelembagaan dan fisik kawasan [2], penelitian ini memberikan kontribusi yang bersifat komplementer pada level implementasi teknis digital, sehingga strategi pengembangan kelembagaan yang telah dirumuskan dapat didukung oleh kanal informasi digital yang terstruktur. Demikian pula, dibandingkan dengan penelitian virtual tour pada objek wisata alam tunggal [5,6] maupun WebGIS pemetaan destinasi [7], penelitian ini menunjukkan bahwa ketiga jenis teknologi tersebut—virtual tour, peta interaktif, dan linimasa edukatif—dapat dipadukan secara koheren dalam satu arsitektur sistem tanpa saling tumpang tindih, asalkan perancangan information architecture dilakukan secara matang pada tahap Design dalam model ADDIE.

Dari sisi mitigasi bencana, integrasi narasi sejarah letusan Krakatau 1883 dengan panduan kesiapsiagaan praktis merespons kebutuhan kontekstualisasi edukasi pengurangan risiko bencana yang telah diidentifikasi pada kajian kebijakan kebencanaan nasional [4]. Pendekatan ini berpotensi meningkatkan efektivitas pesan mitigasi karena disampaikan melalui narasi sejarah lokal yang memiliki keterkaitan emosional dan kontekstual dengan audiens, dibandingkan dengan materi mitigasi bencana yang disampaikan secara generik tanpa konteks geografis spesifik.

Meskipun demikian, penelitian ini memiliki sejumlah keterbatasan yang perlu diakui secara terbuka. Pertama, evaluasi kualitas Lighthouse dan hasil pengujian black box yang disajikan pada Tabel 4 dan Tabel 5 bersifat kerangka ilustratif yang harus digantikan dengan data pengukuran aktual pada implementasi final. Kedua, penyimpanan data berbasis JSON dan localStorage, meskipun ringan dan tidak memerlukan server basis data, membatasi skalabilitas sistem untuk fitur yang memerlukan personalisasi pengguna lintas perangkat, seperti riwayat kuis yang konsisten pada berbagai perangkat. Ketiga, evaluasi usability pada penelitian ini belum melibatkan pengujian langsung dengan pengguna riil (user testing) berskala besar, sehingga generalisasi tingkat kebergunaan sistem masih bersifat terbatas pada hasil audit otomatis dan tinjauan ahli.

Secara keseluruhan, kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada penyediaan model integrasi tujuh komponen—geowisata, edukasi geologi, mitigasi bencana, linimasa interaktif, peta interaktif, tur virtual, dan kuis interaktif—dalam satu kerangka

pengembangan ADDIE yang dapat direplikasi pada kawasan geopark lain di Indonesia yang memiliki narasi sejarah bencana geologi serupa, seperti Geopark Gunung Sewu, Geopark Ijen, atau Geopark Kaldera Toba. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan satu produk website spesifik, tetapi juga menawarkan kerangka kerja konseptual yang dapat diadaptasi untuk konteks geopark lain dengan karakteristik kebencanaan yang berbeda.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan website edukasi geowisata bertema Geopark Pandeglang–Jejak Krakatau 1883 menggunakan pendekatan Research and Development dengan model ADDIE. Rancangan sistem menghasilkan arsitektur front-end berbasis HTML5, CSS3, JavaScript ES6, dan Bootstrap 5 yang terintegrasi dengan peta interaktif Leaflet.js/OpenStreetMap serta penyimpanan data berbasis JSON dan localStorage, sehingga menjawab tujuan penelitian pertama mengenai perancangan website edukasi geowisata berbasis web. Media pembelajaran sejarah letusan dan tsunami Krakatau 1883 diwujudkan melalui modul About Krakatau 1883 dan Interactive Timeline yang menyajikan narasi kronologis secara interaktif, sehingga tujuan penelitian kedua tercapai melalui implementasi teknis yang dapat diverifikasi pada Gambar 5 dan Gambar 6. Sarana edukasi mitigasi bencana berbasis digital diwujudkan melalui modul Disaster Mitigation Center yang memadukan narasi sejarah bencana geologi lokal dengan panduan kesiapsiagaan praktis, merespons kebutuhan kontekstualisasi edukasi pengurangan risiko bencana yang telah diidentifikasi pada kajian kebijakan kebencanaan nasional sebelumnya. Dukungan terhadap promosi pariwisata geologi Kabupaten Pandeglang diwujudkan melalui modul Geosite Explorer, Interactive Map, Virtual Tour, Gallery, dan News & Articles yang secara kolektif menyajikan informasi destinasi secara visual dan dapat diakses publik secara terbuka, sehingga tujuan penelitian ketiga dan keempat tercapai. Evaluasi kualitas website berdasarkan aspek usability, accessibility, performance, dan SEO menggunakan kerangka kerja black box testing dan Google Lighthouse menunjukkan kerangka pengujian yang sistematis, meskipun nilai-nilai yang dilaporkan pada penelitian ini bersifat ilustratif dan wajib digantikan dengan hasil pengukuran aktual sebelum publikasi final, sehingga tujuan penelitian kelima tercapai sebatas pada penyediaan kerangka evaluasi yang dapat direplikasi.

Kebaruan (novelty) penelitian ini terletak pada integrasi tujuh komponen—geowisata, edukasi geologi, edukasi mitigasi bencana, linimasa interaktif sejarah Krakatau 1883, peta interaktif berbasis GIS, tur virtual, dan kuis interaktif—dalam satu platform digital

terpadu yang sejauh penelusuran literatur belum banyak ditemukan pada penelitian sejenis di Indonesia, sebagaimana ditunjukkan melalui analisis kritis terhadap sepuluh penelitian terdahulu pada Tabel 1. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi baik pada level praktis berupa produk website fungsional bagi pengelola Geopark Pandeglang, maupun pada level konseptual berupa kerangka integrasi multifungsi yang dapat diadaptasi untuk pengembangan platform geowisata edukatif di kawasan geopark lain di Indonesia.

5. SARAN

Berdasarkan keterbatasan yang telah diidentifikasi, beberapa peluang pengembangan lanjutan dapat diusulkan. Pertama, konversi sistem menjadi Progressive Web App (PWA) akan memungkinkan akses offline terhadap konten edukasi dasar, sebuah kebutuhan penting mengingat keterbatasan konektivitas internet di sebagian kawasan wisata geopark. Kedua, pengembangan dashboard admin berbasis web akan memudahkan pengelola memperbarui konten geosite, artikel, dan soal kuis tanpa memerlukan keterampilan pemrograman. Ketiga, penambahan dukungan multi-language, khususnya Bahasa Inggris, akan memperluas jangkauan platform kepada wisatawan mancanegara, sejalan dengan potensi pengusulan kawasan ini sebagai UNESCO Global Geopark di masa depan. Keempat, integrasi GIS yang lebih lanjut dengan data spasial resmi dari instansi pemetaan geologi akan meningkatkan akurasi dan kredibilitas informasi keruangan. Kelima, penerapan teknologi augmented reality (AR) pada modul Geosite Explorer dapat memperkaya pengalaman edukatif pengguna melalui visualisasi proses geologi secara tiga dimensi pada lokasi fisik geosite. Keenam, pengembangan mode pembelajaran offline (offline learning mode) untuk modul Education Center dan Disaster Mitigation Center akan memastikan keberlanjutan akses edukasi meskipun tanpa koneksi internet, khususnya bagi pengguna di kawasan terpencil sekitar geopark. Penelitian selanjutnya juga disarankan untuk melakukan pengujian usability dengan pengguna riil secara terkontrol guna memvalidasi temuan evaluasi otomatis yang telah disajikan pada penelitian ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada [nama institusi/program studi], serta pihakpihak terkait di Kabupaten Pandeglang yang telah memberikan dukungan data dan

informasi selama proses penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada [nama pembimbing/reviewer, jika ada] atas masukan yang membangun selama penyusunan naskah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wiwin, I. W., Wiguna, I. M. A., Darma, I. G. K. I. P., & Jayendra, P. S. (2024). The development of digital tourism at the Tebing Tegallinggah temple tourist attraction in Bedulu Village, Gianyar Regency, Bali. *Jurnal Pariwisata Pesona*, 9(1), 70–79. <https://doi.org/10.26905/jpp.v9i1.13188>
- [2] Amiruddin, S., Cadith, J., & Hardiana, A. (2023). Strategi pengembangan pariwisata kawasan Geopark Ujung Kulon di Kabupaten Pandeglang Provinsi Banten. *Tajug: Jurnal Pemikiran Islam, Sosial, dan Humaniora*, 1(1), 25–41.
- [3] UNESCO. (2024). UNESCO Global Geoparks. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://www.unesco.org/en/igpp/geoparks/about>
- [4] Amri, A., Bird, D. K., Ronan, K., Haynes, K., & Towers, B. (2017). Disaster risk reduction education in Indonesia: Challenges and recommendations for scaling up. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 17(4), 595–612. <https://doi.org/10.5194/nhess-17-595-2017>
- [5] Negara, I. M. K., & Sagita, P. A. W. (2023). Pengembangan virtual tour Desa Wisata Carangsari, Badung. *Jurnal IPTA*, 11(1), 64–68. <https://doi.org/10.24843/IPTA.2023.v11.i01.p09>
- [6] Algifari, M., et al. (2025). Pengembangan virtual tour 360 derajat sebagai media informasi wisata Curug Sanghyang Taraje berbasis web. *Jurnal Algoritma*, 22(2), 1351–1363. [Verification Required: daftar lengkap nama co-author belum dapat dipastikan dari metadata yang tersedia secara publik]
- [7] Muhtarom, M. R., Lutfi, A., & Susanto, A. (2024). Penerapan sistem informasi geografis terhadap pemetaan letak wisata Kabupaten Bondowoso menggunakan Leaflet JS berbasis web. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(3), 2080–2090. <https://doi.org/10.33379/gtech.v8i3.4760>
- [8] Prakoso, D., Fatimah, F., & Sulaksono, N. (2026). Perancangan dan pengembangan sistem informasi laboratorium pengujian (Si-Laban) untuk lembaga uji kesesuaian dengan metode Research and Development (R&D) model ADDIE. *JUSIFOR: Jurnal Sistem Informasi dan Informatika*, 5(1), 37–45. <https://doi.org/10.70609/jusifor.v5i1.8385>
- [9] Zulkarnain, A. (2019). Penerapan mobile-first design pada antarmuka website profil sekolah menggunakan metode Human-Centred Design (Studi Kasus: SMPN 21 Malang). *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia*, 13(2), 125–136. <https://doi.org/10.32815/jitika.v13i2.408>

- [10] Alischa Putri Wulan A. (2026). Implementasi HCI dan black box testing pada pengembangan website Kecamatan Tinanggea. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 14(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v14i2.9057>
- [11] Giri, I. G. P. Y., Dewi, L. J. E., & Sunarya, I. M. G. (2023). The evaluation of usability and website development using cognitive walkthrough, performance measurement, and System Usability Scale. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, 5(2), 503–514. <https://doi.org/10.47709/cnahpc.v5i2.2511>
- [12] Branch, R. M. (2009). *Instructional design: The ADDIE approach*. Springer.
- [13] Desyani, T., Mulyati, S., Kurnianto, E., Kamaludin, K., Afifah, N., & Fauziah, S. N. I. (2022). Pengujian black box menggunakan teknik equivalence partitions pada aplikasi sistem pemilihan karyawan terbaik. *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Aplikasi*, 5(2), 110–117. <https://doi.org/10.32493/jtsi.v5i2.17578>
- [14] Prambayun, A., Triawan, M. A., & Humam, F. (2025). Analisis performa website Karya Usaha menggunakan Google Lighthouse dan GTmetrix. *JIK: Jurnal Ilmu Komputer*, 10(1), 48–53. <https://doi.org/10.47007/komp.v10i01.9668>
- [15] World Wide Web Consortium (W3C). (2014). *Website Accessibility Conformance Evaluation Methodology (WCAG-EM) 1.0*. <https://www.w3.org/TR/WCAG-EM/>