

Sistem Informasi Geografis Pemetaan Dampak Tsunami di Kota Pangandaran Berbasis Web

Sendy Apriatna ^{a,1,*}, Ika Arfiani ^{b,2}

^{a,b} Program Studi S1 Informatika, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

¹sendy1900018205@webmail.uad.ac.id; ² ika.arfiani@tif.uad.ac.id

* Penulis Korespondensi

ABSTRAK

Pemahaman rendah masyarakat terkait mitigasi bencana alam akan sangat berpotensi mengakibatkan jumlah korban jiwa dengan jumlah yang tinggi. Pemerintah memiliki peran untuk memberikan edukasi terkait bencana alam melalui pemasangan rambu bahaya seperti tanda arah evaluasi, *banner* peta ancaman bencana, dan pemasangan alarm bencana. Upaya pemerintah terkait sosialisasi dan mitigasi bencana dirasa belum efektif akibat penolakan dari masyarakat yang merasa informasi bencana terlalu menakutkan. Penelitian ini bertujuan menghasilkan sistem informasi geografis untuk pemetaan dampak bencana alam tsunami di wilayah kota Pangandaran. Pelaksanaan penelitian ini akan menggunakan metode Waterfall yang terdiri dari tahap *requirement analysis*, *design*, *development*, *testing*, dan *maintenance*. Penelitian ini telah berhasil membangun sistem informasi geografis yang memvisualisasi atribut distribusi spasial potensi ancaman bencana alam tsunami di kota Pangandaran melalui penerapan representasi peta. Hasil pengujian fungsional dengan *black box test* mendapatkan tingkat kesesuaian 100%. Hasil pengujian disimpulkan bahwa sistem informasi dapat digunakan dan diterima secara positif.

Riwayat Artikel

Diterima 20 Juni 2024
Diperbaiki 4 Desember 2025
Diterbitkan 25 Februari 2025

Kata Kunci

Black-box Test
Sistem Informasi Geografis
Tsunami
Waterfall
Web



This is an open-access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license

1. Pendahuluan

Kabupaten Pangandaran adalah salah satu Kabupaten di Provinsi Jawa Barat dengan luas wilayah 1.011,04 km², memiliki 10 Kecamatan dan 93 Desa [1]. Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Pangandaran menyebut wilayah Pangandaran memiliki banyak titik yang sangat rawan terjadi bencana alam tsunami. Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Pangandaran Nomor 3 Tahun 2018 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Pangandaran 2018-2038, terdapat 6 kecamatan yang termasuk kawasan rawan bencana tsunami yaitu Kecamatan Cimerak, Cijulang, Parigi, Sidamulih, Pangandaran, dan Kalipucang [2]. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian yang disampaikan dalam Buku Rencana Penanggulangan Bencana 2015-2019 berdasarkan Kajian Risiko Bencana Gempa Bumi [3]. Temuan lain mengidentifikasi 10 provinsi yang menjadi prioritas dalam penanggulangan tsunami, di antaranya adalah Jawa Barat, termasuk Kabupaten Pangandaran [3].

Pada 2006, di Pangandaran terjadi gempa dengan kekuatan 6,8 skala *richter* yang merenggut 668 korban jiwa, 65 hilang (diasumsikan meninggal), dan 9.299 luka-luka [4]. Wilayah permukiman di Pangandaran yang terdampak bencana tsunami mencapai 13% meliputi kecamatan Pangandaran, Kecamatan Parigi, Kecamatan Cimerak, Kecamatan Sidamulih, Kecamatan Cijulang, Kecamatan Kalipucang [4]. Kerusakan bangunan yang ditimbulkan juga menyebabkan sebanyak 1.777 rumah rusak berat, 585 rumah rusak ringan, 43 bangunan fasilitas umum rusak, dan menghempaskan 125 perahu nelayan [5] dengan perkiraan kerugian total mencapai Rp 166,2 milyar [6].

Berdasarkan wawancara dengan Bapak Untung Saeful Rokhman, S.Sos, M.Si, upaya pemerintah Kabupaten Pangandaran pada tahun 2019 dalam menyadarkan masyarakat Pangandaran terkait sadar bencana tsunami yaitu memasang berbagai rambu bahaya tsunami di beberapa titik seperti tanda arah evakuasi, *banner* peta ancaman tsunami, dan pemasangan alarm tsunami di 3 titik tempat. Namun, upaya dari pemerintah Pangandaran mendapatkan penolakan dari masyarakat karena informasi yang

diberikan terlalu menakutkan. Pemahaman dan panduan masyarakat yang rendah terhadap mitigasi bencana alam sangat berpotensi mengakibatkan banyak korban jiwa. Upaya penanganan yang tepat saat bencana alam dapat meminimalisir korban jiwa dan kerusakan infrastruktur. Penggunaan media teknologi informasi mampu mencegah korban jiwa dan kerusakan infrastruktur akibat bencana alam.

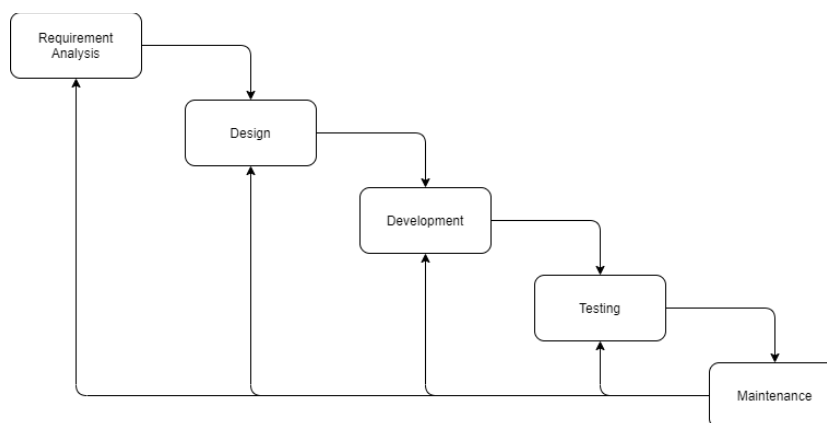
Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah salah satu teknologi yang digunakan untuk memasukan, menyimpan, memeriksa, mengintegrasikan, memanipulasi, menganalisis, dan/atau menampilkan data terkait berhubungan dengan posisi di permukaan bumi [7], [8]. SIG memberikan solusi terhadap berbagai permasalahan, khususnya dalam mengidentifikasi dan memetakan daerah-daerah rawan bencana [9]. Penggunaan SIG berpotensi memudahkan untuk mengumpulkan data serta memahami pola sebaran daerah-daerah yang rentan terhadap bencana [10].

Penelitian terdahulu telah menerapkan SIG sebagai media pemetaan daerah rawan bencana [11], [12], [13], [14], [15]. Peneliti [11], menerapkan teknologi SIG untuk mengidentifikasi daerah rawan bencana longsor di Kabupaten Gunung Kidul. Peneliti [12] secara spesifik menerapkan teknologi SIG untuk pemetaan risiko kerusakan bangunan akibat bencana tsunami. Kajian penelitian terdahulu terkait penerapan teknologi SIG terhadap bencana tsunami semakin meluas diterapkan pada berbagai daerah, peneliti [13] menerapkan SIG di wilayah Bantul, Yogyakarta, peneliti [14] menerapkan SIG di wilayah Bengkulu, dan peneliti [15] menerapkan SIG di wilayah Cilegon. Penelitian ini juga akan menerapkan teknologi SIG pada bidang penanganan bencana alam tsunami di wilayah Pangandaran.

Penerapan SIG dalam konteks ini akan menggunakan Leaflet sebagai *platform* layanan API yang bersifat *open source*, dengan tambahan *Leaflet Routing Machine* akan memungkinkan membuat *route* dari titik awal ke titik tujuan menjadi efisien. Aplikasi SIG ini bukan hanya menyediakan informasi mengenai kondisi geografis suatu wilayah, tetapi juga memfasilitasi perencanaan dan pengambilan keputusan yang lebih cerdas terkait mitigasi bencana. Melalui implementasi SIG, informasi dapat disampaikan dalam bentuk peta yang memuat informasi terkait daerah terdampak bencana tsunami di Kota Pangandaran sehingga meningkatkan kewaspadaan masyarakat untuk mengurangi terjadi korban jiwa dan kerusakan material yang lebih besar.

2. Metode

Pada penelitian ini, akan dilakukan beberapa tahap dalam pembuatan Sistem Informasi Geografis untuk pemetaan dampak tsunami di Kota Pangandaran Berbasis Web. Tahapan penelitian mengacu pada metode pengembangan perangkat lunak *modified Waterfall* yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Tahapan Penelitian dengan Metode Waterfall

2.1. Requirement

Requirement merupakan tahap awal pada metode *waterfall*, tahap ini bertujuan menentukan kebutuhan sebuah sistem sehingga sesuai dengan harapan pengguna. Upaya menentukan data kebutuhan sistem diperoleh dari proses wawancara atau diskusi dan survei langsung. Informasi yang didapat akan diolah untuk memenuhi data yang dibutuhkan oleh pengguna.

2.2. Design

Tahap *design* merupakan tahap pembuatan desain atau rancangan *user interface* yang dapat memberikan gambaran, menentukan persyaratan sistem, dan menentukan arsitektur sistem secara menyeluruh. Pada tahap ini proses desain akan menyusun dokumen *class diagram* dan *use case diagram*.

2.3. Development

Tahap *development* adalah tahapan pengembangan beberapa program kecil atau unit, yang terintegrasi. Tahap *development* juga berkaitan dengan merubah hasil dokumentasi pada tahap desain ke dalam bahasa komputer atau bahasa pemrograman.

2.4. Testing

Pada tahap *testing*, hasil sistem yang dibangun akan dilakukan evaluasi terkait ketercapaian fungsional. Proses pengujian fungsional akan menggunakan pendekatan *black-box test*.

2.5. Maintenance

Pada tahap *maintenance*, hasil sistem yang memenuhi kebutuhan fungsional akan dilakukan pemeliharaan. Proses penelitian ini tidak menerapkan tahap *maintenance* karena sistem yang telah memenuhi aspek fungsional akan diserahkan kepada pihak atau instansi yang bertanggung jawab.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Requirement

Pada *requirement*, proses wawancara dilakukan kepada bapak Untung Saeful Rokhman, S.Sos, M.Si., selaku ketua pelaksana BPBD Kabupaten Pangandaran. Hasil dari wawancara telah mengidentifikasi upaya pemerintah di Kabupaten Pangandaran untuk memberikan edukasi terkait mitigasi bencana alam tsunami, mengidentifikasi kebutuhan teknologi informasi sebagai media pemetaan bencana alam tsunami, dan mengidentifikasi persebaran *shelter* dan *gathering point*. Hasil indentifikasi data koordinat *shelter* dapat dilihat pada Tabel 1 dan data koordinat *gathering point* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Data Koordinat Shelter

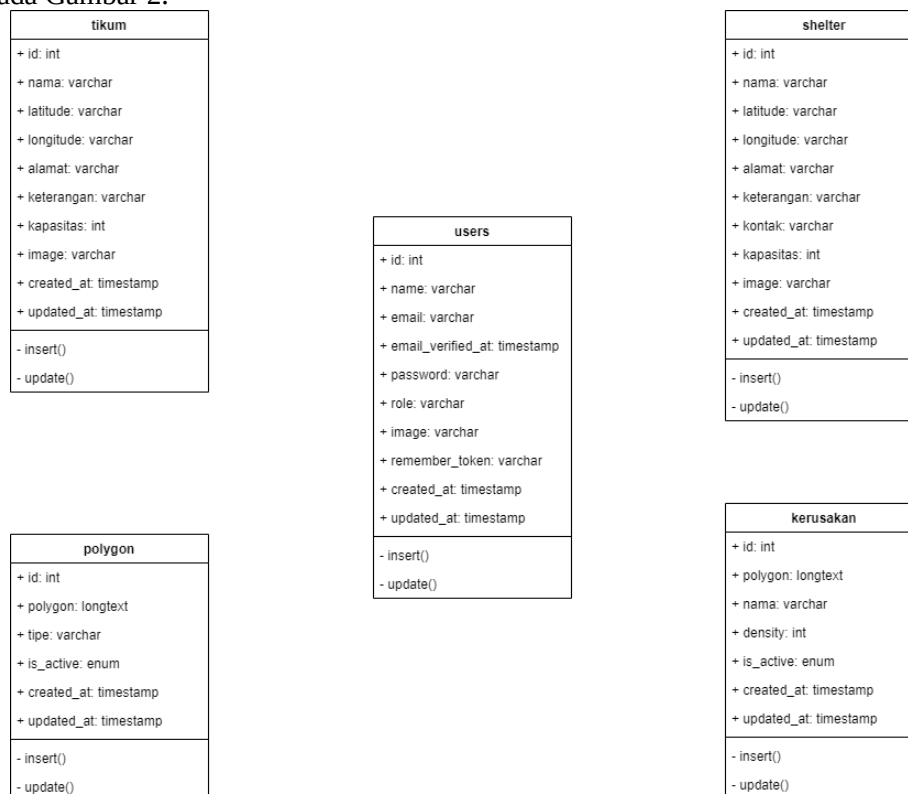
Nama Shelter	Latitude	Longitude
Masjid Darulfalah	-7.7437179829924	108.49227661717569
Koramil Cijulang	-7.710959133231328	108.48915888262478
Masjid Istiqmal Cikembulan	-7.675821721199573	108.61321659942526
Masjid Jami Misbahul Khoer	-7.659785333352851	108.60556789348357
SDN 4 Cikembulan	-7.666044273644747	108.61831775728848
Pasar Wisata Pangandaran	-7.691543994241979	108.65383377206244
Masjid Agung Al-Istiqomah	-7.684621453206176	108.6529966958937
SMPN 2 Pangandaran	-7.667930705489943	108.67497236728471

Tabel 2. Data Koordinat Gathering Point

Nama Shelter	Latitude	Longitude
Bukit Cagar Alam	-7.707434307189444	108.65779912241385
SDN 2 Karang Jaladri	-7.706614214648371	108.50089923228029
Alun Alun Parigi	-7.701655455124190	108.49464724029444
Kantor Desa Ciliang	-7.685081639705288	108.53328874506485
Kantor Kepala Desa Sukaresik	-7.673910713523726	108.5785360672848
Pertigaan Karang Tirta	-7.678750925679600	108.58659357501922
SDN 5 Wonoharjo	-7.672676869556846	108.63868348262446
Masjid Jamie Al-Huda	-7.678394624352608	108.6697170579442
Bukit Cagar Alam	-7.707434307189444	108.65779912241385

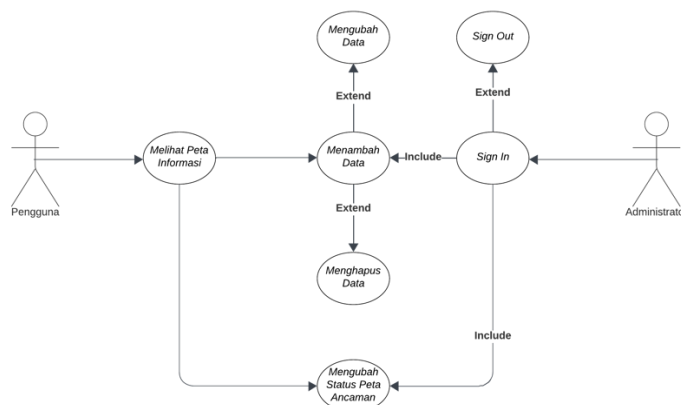
3.2. Design

Tahap *design*, proses menyusun dokumen *class diagram* menunjukkan hubungan antara *class user* terhadap *class* lain (*shelter*, *tikum*, *polygon*, dan *kerusakan*). *Class user* berfungsi menyimpan data yang masuk ke dalam sistem. *Class* lain dapat diakses oleh pengguna untuk melakukan proses mengelola data berdasarkan setiap kategori. Hasil menyusun dokumen *class diagram* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Class Diagram Sistem

Proses menyusun dokumen *use case diagram* memuat dua aktor utama yaitu administrator dan pengguna. Pihak administrator sebagai entitas khusus memiliki hak akses mengelola seluruh data terkait peta dampak tsunami. Pihak pengguna memiliki hak terbatas terkait melihat data peta yang memuat informasi ancaman tsunami, titik penampungan (*shelter point*), dan *gathering point*. Pihak administrator bertanggung jawab atas manajemen data secara menyeluruh, sementara pihak pengguna hanya dapat mengakses informasi terkait pemetaan dampak tsunami di Pangandaran. Hasil menyusun dokumen *use case diagram* dapat dilihat pada Gambar 3.

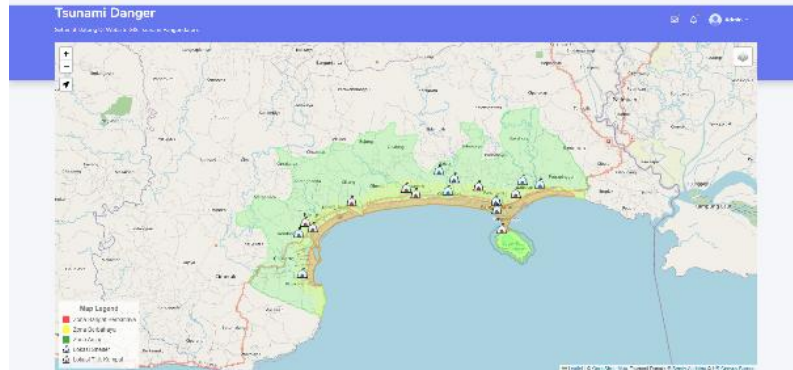


Gambar 3 Use Case Diagram Sistem

3.3. Development

Pengembangan sistem informasi geografis terdiri dari halaman utama, halaman detail *shelter*, halaman persentase kerusakan desa, halaman *dashboard*, halaman tambah data *shelter*, halaman tambah peta ancaman tsunami, dan halaman profil pengguna.

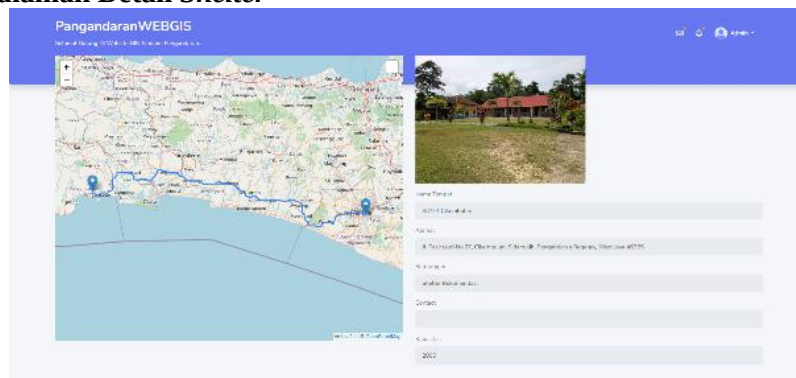
3.3.1. Halaman Utama



Gambar 4 Halaman Utama

Gambar 4 menampilkan visualisasi distribusi spasial potensi ancaman bencana alam tsunami melalui penerapan representasi peta poligon yang dibedakan oleh tiga warna sebagai identifikasi tingkatan acaman yang berbeda. Di dalam halaman utama juga terdapat ikon yang menampilkan posisi geografis dari fasilitas *shelter* dan *gathering point*.

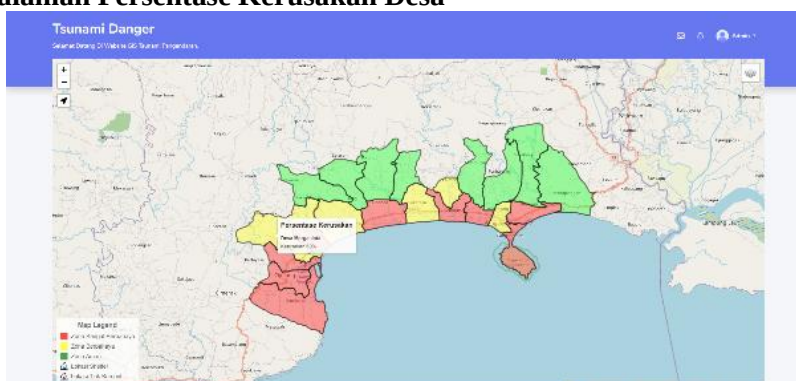
3.3.2. Halaman Detail Shelter



Gambar 5 Halaman Detail Shelter

Gambar 5 menampilkan halaman untuk menyajikan informasi detail dari fasilitas *shelter* dan *gathering point*. Di dalam halaman detail *shelter* juga terdapat peta, gambar, dan rute evakuasi dari lokasi fasilitas terpilih, sehingga pengguna dapat mengetahui informasi lebih komprehensif.

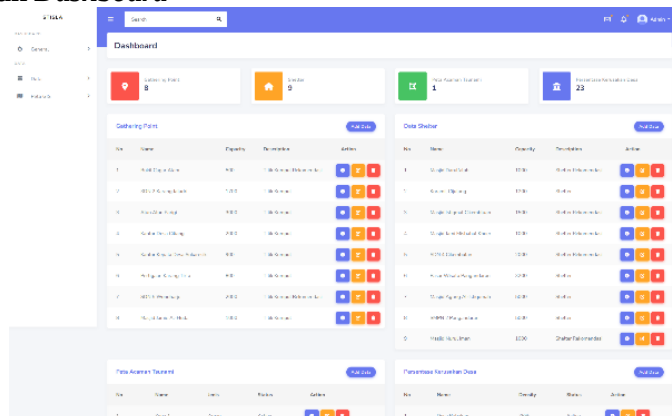
3.3.3. Halaman Persentase Kerusakan Desa



Gambar 6 Halaman Persentase Kerusakan Desa

Gambar 6 menampilkan visualisasi distribusi spasial peta persentase kerusakan desa melalui penerapan representasi peta poligon yang dibedakan oleh tiga warna untuk mengidentifikasi jenis persentase yang berbeda. Di dalam halaman persentase kerusakan desa juga terdapat informasi singkat terkait nama desa dan persentase kerusakan dari desa.

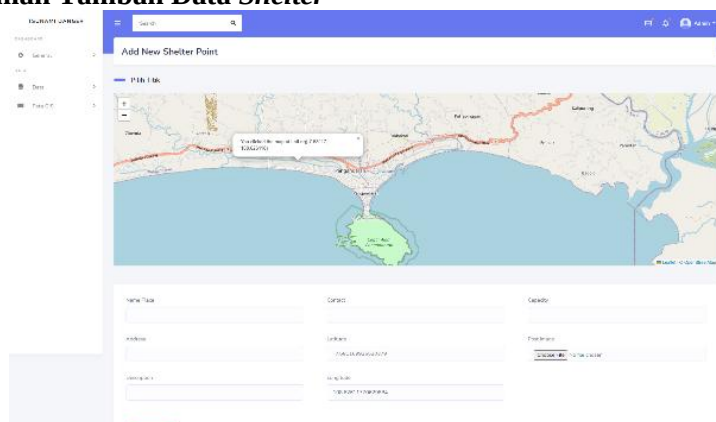
3.3.4. Halaman Dashboard



Gambar 7 Halaman Dashboard

Gambar 7 menampilkan visualisasi data yang bersifat informatif dan interaktif, dirancang untuk memudahkan pemahaman dan analisis informasi dalam suatu sistem atau proses tertentu. Di dalam halaman dashboard juga menyediakan alat interaktif yang memungkinkan pengguna untuk manipulasi data, seperti pengaturan filter atau pemilihan dimensi sehingga mendapatkan informasi yang lebih mendalam.

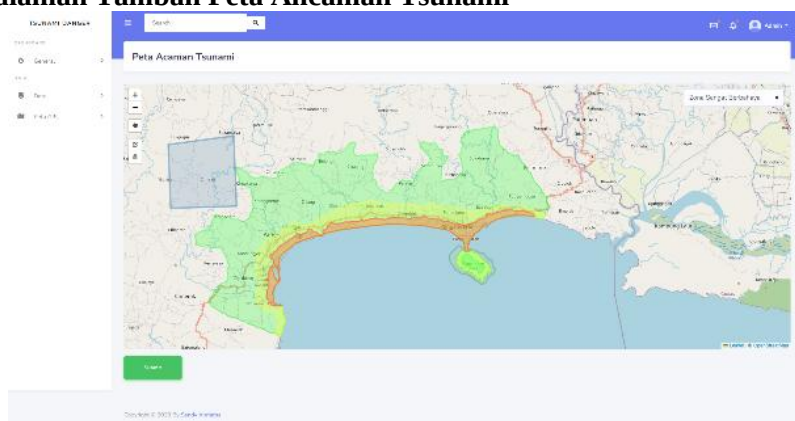
3.3.5. Halaman Tambah Data Shelter



Gambar 8 Halaman Tambah Data Shelter

Gambar 8 menampilkan halaman untuk menambahkan data fasilitas shelter, terdapat suatu peta yang dirancang khusus dengan tujuan memungkinkan penempatan marker pada lokasi yang dipilih oleh pengguna. Fungsionalitas ini dirancang untuk menghasilkan data koordinat geografis secara otomatis, yaitu *latitude* dan *longitude* sebagai informasi yang terkait dengan lokasi yang ditentukan.

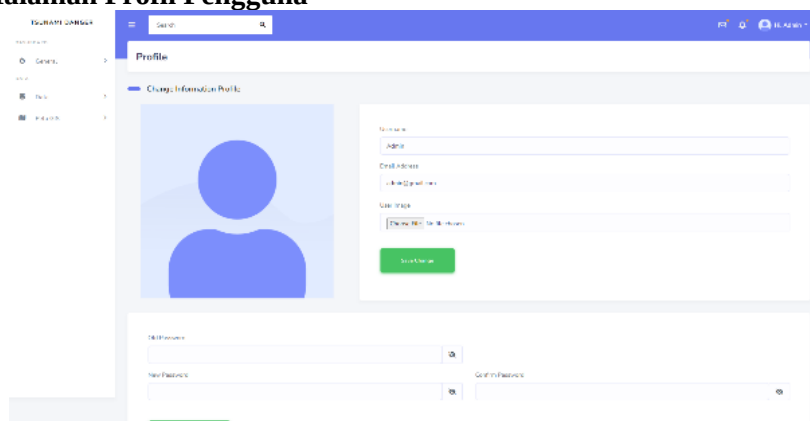
3.3.6. Halaman Tambah Peta Ancaman Tsunami



Gambar 9 Halaman Tambah Peta Ancaman Tsunami

Gambar 9 menampilkan semua peta dengan tipe polygon yang terdapat di dalam *database*. Di dalam halaman ini berfungsi membuat atau menambah peta polygon dengan memanfaatkan data koordinat geografis seperti *latitude* dan *longitude*. Setiap peta akan ditambahkan klasifikasi tingkat potensi bencana melalui tiga kategori warna. Zona aman direpresentasi oleh warna hijau, zona berbahaya direpresentasi oleh warna kuning, dan zona sangat berbahaya direpresentasi oleh warna merah.

3.3.7. Halaman Profil Pengguna



Gambar 10 Halaman Profil Pengguna

Gambar 10 menampilkan informasi profil akun pengguna. Pengguna dapat mengubah data profil pengguna yang memuat *username*, email, foto profil dan *password* sesuai dengan keinginan pengguna sistem.

3.4. Testing

Pengujian hasil sistem informasi geografis pada aspek spesifikasi fungsional dilakukan tanpa menguji kode program. Pengujian ini fokus terhadap nilai keluaran fungsional sistem berdasarkan nilai masukan sistem. Interpretasi hasil pengujian fungsional sistem dengan *black-box test* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Fungsional

No	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
Halaman Login				
1	1. Masuk ke halaman login 2. Mengosongkan semua isian data login 3. Klik tombol 'Log In'	Sistem akan menolak akses login dan akan kembali ke halaman login.	Sistem berhasil menolak akses login dan akan kembali ke halaman login	Sesuai

2	1. Masuk ke halaman login 2. Menginputkan data login yang benar dan akun telah aktif dimana email 'admin@gmail.com' dan password '12345678' 3. Klik tombol 'Log In'	Sistem menerima akses login dan kemudian langsung menampilkan halaman Dashboard	Sistem berhasil menerima akses login dan kemudian langsung menampilkan halaman Dashboard	Sesuai
Halaman Dashboard				
3	1. Masuk ke sistem 2. Login pada sistem dengan memasukkan email dan password yang benar untuk akses dashboard admin 3. Masuk halaman home	Sistem menerima akses login dan kemudian langsung menampilkan halaman dashboard	Sistem berhasil menerima akses login dan kemudian langsung menampilkan halaman dashboard	Sesuai
Halaman Tambah Data Shelter				
4	1. Masuk ke menu tambah shelter point 2. Melakukan random klik pada peta	Sistem akan menampilkan koordinat latitude dan longitude pada form input secara otomatis	Sistem berhasil menampilkan koordinat latitude dan longitude pada form input secara otomatis	Sesuai
5	1. Masuk ke halaman tambah shelter point 2. Mengisi semua inputan data shelter 3. Klik 'submit'	Sistem menerima input, kemudian langsung menampilkan halaman Dashboard dan menampilkan notifikasi sukses	Sistem berhasil menerima input, kemudian langsung menampilkan halaman Dashboard dan menampilkan notifikasi sukses	Sesuai
Halaman Buat Peta Ancaman Tsunami				
6	1. Masuk ke menu buat peta ancaman 2. Membuat peta ancaman 3. Klik 'finish'	Sistem akan menampilkan peta ancaman berbentuk polygon berdasarkan koordinat yang dipilih pada peta	Sistem berhasil menampilkan peta ancaman berbentuk polygon sebelum melakukan submit	Sesuai
7	1. Masuk ke menu buat peta ancaman 2. Membuat peta ancaman kemudian 3. Klik 'delete last point' 4. Klik 'finish'	Sistem akan menampilkan peta ancaman tsunami setelah melakukan penghapusan pada titik koordinat terakhir	Sistem berhasil menampilkan peta ancaman tsunami setelah melakukan penghapusan pada titik koordinat terakhir	Sesuai
8	1. Masuk ke menu buat peta ancaman 2. Membuat peta ancaman 3. Klik 'edit' 4. Mengedit peta ancaman 5. Klik 'save'	Sistem akan menampilkan peta ancaman tsunami setelah melakukan perubahan atau penambahan titik koordinat	Sistem berhasil menampilkan peta ancaman tsunami setelah melakukan perubahan atau penambahan titik koordinat	Sesuai
9	1. Masuk ke menu buat peta ancaman 2. Membuat peta ancaman 3. Klik 'finish' 4. Memilih Tingkat bahaya yaitu 'zona aman' 5. Klik 'submit'	Sistem akan menerima inputan dan akan menampilkan data visual peta ancaman tsunami berwarna hijau pada halaman tambah peta ancaman	Sistem berhasil menerima inputan dan akan menampilkan data visual peta ancaman tsunami berwarna hijau pada halaman tambah peta ancaman	Sesuai

4. Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil mengembangkan sistem informasi geografis untuk pemetaan dampak bencana alam tsunami di Pangandaran. Sistem ini dibangun berbasis web untuk memberikan serta menampilkan visualisasi distribusi spasial potensi ancaman tsunami melalui penerapan representasi peta poligon. Representasi peta poligon menerapkan tiga varian warna yang mengidentifikasi tingkat ancaman, warna hijau untuk daerah yang aman, warna kuning untuk daerah yang berbahaya, dan warna merah untuk daerah yang sangat berbahaya. Hasil pengujian fungsional sistem berdasarkan pendekatan *black-box test* mengidentifikasi 100% fitur sistem dapat berfungsi optimal. Sistem telah

berfungsi dengan baik sesuai semua skenario pengujian dan pengguna dapat menggunakan sistem tanpa kesalahan fungsional pada skenario tersebut. Potensi keberlanjutan penelitian dapat melakukan uji kelayakan sistem di dalam kondisi ekstrem atau kondisi darurat dan uji usabilitas sistem.

Deklarasi

Kontribusi Penulis. Semua penulis berkontribusi secara bersama-sama dengan kontributor utama dalam artikel ini. Semua penulis membaca dan menyetujui versi akhir dari artikel yang diajukan. Pernyataan Pendanaan. Tidak ada penulis yang menerima dana atau hibah dari lembaga atau badan pendanaan untuk penelitian ini.

Konflik Kepentingan. Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Informasi Tambahan. Tidak ada informasi tambahan dalam artikel ini.

Daftar Pustaka

- [1] I. Kurniasih, A. Nurhayati, L. P. Dewanti, and A. Rizal, "Marine Tourism Potential in Pangandaran Regency," *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, vol. 10, no. 1, p. 8, Sep. 2020, doi: 10.33512/jpk.v10i1.8011.
- [2] Arif Baswantara *et al.*, "Kolaborasi Bersama Masyarakat dalam Upaya Revitalisasi Kawasan Mangrove Bulaksetra, Pangandaran, Jawa Barat," *Community Dev J*, vol. 4, no. 6, pp. 13644–13652, Oct. 2023.
- [3] G. M. Warsito, M. Budiharsana, and S. Burns, "Identifying the Weak Foundation of Public Health Resilience for National Disaster Policy in Indonesia's Mid-term Development Agenda 2015–2019: A Policy Content Analysis," *Kesmas: National Public Health Journal*, vol. 15, no. 2, May 2020, doi: 10.21109/kesmas.v15i2.3285.
- [4] Puput Alviani, *Buku Pintar Penanggulangan Tsunami*, 1st ed., vol. 1. Yogyakarta: DIVA Press, 2021.
- [5] Hasan Kurniawan, "Peringatan 15 Tahun Silent Tsunami Pangandaran yang Menewaskan 650 Orang," SindoNews.
- [6] Mitra Djamal *et al.*, "Rute Evakuasi Tsunami di Pantai Batu Karas Pangandaran," Rekacipta ITB.
- [7] Jumadi, Danardono, and Vidya N Fikriyah, *Sistem Informasi Geografis dan Aplikasinya di Bidang Geografi*, 1st ed., vol. 1. Muhammadiyah University Press, 2021.
- [8] Z. Zulfauzi, S. Satrianansyah, and D. Nurdiansyah, "Sistem Informasi Geografis Pemetaan Daerah Rawan Bencana di Kabupaten Musi Rawas," *JUTIM (Jurnal Teknik Informatika Musirawas)*, vol. 7, no. 1, pp. 62–70, Jun. 2022, doi: 10.32767/jutim.v7i1.1642.
- [9] B. M. Adji *et al.*, "Pembuatan Peta Resiko Bencana di Desa Kubang Tengah Kota Sawahlunto dengan Metode Arc Toolbox," *Jurnal Talenta Sipil*, vol. 7, no. 1, p. 157, Feb. 2024, doi: 10.33087/talentasipil.v7i1.398.
- [10] Trisya Septiana, Farel Alfa Syahri Ramadhan, Mona Arif Muda, and Alda Larasati, "Sistem Informasi Geografis dalam Pemetaan Risiko Bencana di Sekitar Selat Sunda," *Jurnal Inovasi Pembangunan*, vol. 12, no. 2, pp. 141–152, Aug. 2024.
- [11] Sari Mulyaningsih and Tedy Setiadi, "Sistem Informasi Geografis Pemetaan Daerah Rawan Tanah Longsor di Kabupaten Gunung Kidul Berbasis Web," *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, vol. 2, no. 1, pp. 276–283, Feb. 2013.
- [12] T. W. Wibowo, D. Mardiatno, and S. Sunarto, "Pemetaan Risiko Tsunami terhadap Bangunan secara Kuantitatif," *Majalah Geografi Indonesia*, vol. 31, no. 2, p. 68, Dec. 2017, doi: 10.22146/mgi.28044.

-
- [13] P. Subardjo and R. Ario, "Uji Kerawanan Terhadap Tsunami Dengan Sistem Informasi Geografis (SIG) Di Pesisir Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Yogyakarta," *Jurnal Kelautan Tropis*, vol. 18, no. 2, May 2016, doi: 10.14710/jkt.v18i2.519.
- [14] H. T. Fachri, Yakub Malik, and Hendro Murtianto, "Pemetaan Tingkat Bahaya Bencana Tsunami Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Pesisir Kota Bengkulu," *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, vol. 10, no. 2, pp. 166–178, Sep. 2022, doi: 10.23887/jjpg.v10i2.43541.
- [15] Ramadhani Sarah Alicya Bilqis, Moehammad Awaluddin, and Firman Hadi, "Analisis Bahaya Bencana Tsunami di Kota Cilegon Menggunakan Sistem Informasi Geografis," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 13, no. 1, pp. 58–64, Aug. 2024.