



# Digital WebGIS Transformation for Strategic Tsunami Mitigation Management in Rajabasa District

## Transformasi Digital WebGIS untuk Manajemen Strategis Mitigasi Tsunami di Kecamatan Rajabasa

Fachri Muhammad Rasyid<sup>1\*</sup> , Jamaludin<sup>2</sup> 

<sup>1,2</sup>Department of Urban and Regional Planning, Institut Teknologi Sumatera, Indonesia

<sup>1</sup>fachri.rasyid@pwk.itera.ac.id, <sup>2</sup>jamaludin@pwk.itera.ac.id

\*Penulis Korespondensi

### Article Info

#### Article History:

Penyerahan Oktober 16, 2025

Revisi Desember 30, 2025

Diterima Januari 18, 2026

Diterbitkan Februari 2, 2026

#### Keywords:

Land-use Conformity

Coastal Areas

Tsunami Mitigation

Spatial

WebGIS

#### Kata Kunci:

Kesesuaian Lahan

Wilayah Pesisir

Mitigasi Tsunami

Tata Ruang

WebGIS



### ABSTRACT

**This study examines** land-use suitability and tsunami disaster mitigation in **Rajabasa District**, one of the areas most severely affected by the 2018 Sunda Strait tsunami. Indonesia's high coastal disaster exposure underscores the urgency of integrating spatial planning with risk reduction. **Using a** quantitative-descriptive spatial approach, this research assesses the conformity between existing land use and the spatial allocation defined in the Regional Spatial Plan (RTRW) of South Lampung Regency. Land-use mapping, RTRW extraction, and spatial overlay were conducted using QGIS, complemented by field observations of evacuation routes, signage, assembly points, and coastal protection structures. **Results indicate** that 74.77% (3,998.50 ha) of land use aligns with RTRW, while 25.23% (1,349.38 ha) shows nonconformity, mainly due to changes in agricultural and forest areas. In terms of tsunami mitigation, Rajabasa has breakwaters, evacuation paths, and temporary assembly points; however, the distribution remains uneven and no vertical evacuation shelters exist. A 1,300-meter buffer analysis reveals that several settlements lie outside effective evacuation coverage. All analytical outputs were integrated into an interactive WebGIS platform developed using QGIS, qgis2web, GitHub, and Netlify. This platform enhances data transparency and supports evidence-based decision-making related to land suitability, hazard exposure, and mitigation infrastructure. **The study concludes** that strengthening spatial-plan enforcement, improving mitigation facilities, and enhancing community preparedness are essential for building coastal resilience aligned with disaster risk reduction principles and the Sustainable Development Goals.

*Ini adalah artikel akses terbuka di bawah [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.*



### ABSTRAK

**Penelitian ini** mengkaji kesesuaian penggunaan lahan dan mitigasi bencana tsunami di **Kecamatan Rajabasa**, salah satu wilayah yang terdampak paling parah pada tsunami Selat Sunda tahun 2018. Tingginya kerentanan bencana di wilayah pesisir Indonesia menunjukkan pentingnya integrasi antara perencanaan tata ruang dan upaya pengurangan risiko. **Dengan pendekatan** spasial kuantitatif-deskriptif, penelitian ini menilai kesesuaian antara penggunaan lahan eksisting dan pola ruang dalam RTRW Kabupaten Lampung Selatan. Analisis dilakukan melalui pemetaan penggunaan lahan, ekstraksi RTRW, *overlay* spasial menggunakan QGIS, serta survei lapangan untuk mengidentifikasi jalur evakuasi, rambu, titik kumpul, dan bangunan pelindung pantai. **Hasil menunjukkan** bahwa 74,77% (3.998,50 ha) penggunaan lahan sesuai dengan RTRW, sedangkan 25,23% (1.349,38 ha) tidak sesuai, terutama akibat perubahan pemanfaatan pada kawasan pertanian dan hutan. Dari aspek mitigasi tsunami, Rajabasa memiliki *breakwater*, jalur dan rambu evakuasi, serta titik kumpul

sementara, namun distribusinya belum merata dan belum tersedia *shelter* evakuasi vertikal. Analisis *buffer* 1.300 meter memperlihatkan adanya permukiman yang berada di luar jangkauan pelayanan evakuasi. Seluruh hasil kemudian diintegrasikan dalam platform WebGIS interaktif yang dikembangkan melalui QGIS, qgis2web, GitHub, dan Netlify. WebGIS mendukung transparansi data dan pengambilan keputusan berbasis bukti terkait kesesuaian lahan, paparan bahaya, dan infrastruktur mitigasi. **Penelitian ini menegaskan** perlunya penegakan RTRW, peningkatan fasilitas mitigasi, dan kesiapsiagaan masyarakat untuk memperkuat ketangguhan pesisir sesuai prinsip pengurangan risiko bencana dan SDGs.

*Ini adalah artikel akses terbuka di bawah [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.*



DOI: <https://doi.org/10.33050/tmj.v10i3.2555>

Ini adalah artikel akses terbuka di bawah CC-BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

©Penulis memegang semua hak cipta

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia sangat rentan bencana karena berada pada pertemuan beberapa lempeng besar dunia dan diapit Samudera Hindia serta Pasifik, sehingga rawan gempa dan tsunami [1, 2]. Pada 2024, BNPB mencatat 3.472 kejadian dengan lebih dari 8 juta jiwa terdampak [2], menegaskan kebutuhan mitigasi berbasis data. Kerentanan pesisir semakin tinggi akibat padatnya permukiman dan aktivitas ekonomi. Tsunami sebagai ancaman utama berasal dari aktivitas tektonik, vulkanik, atau longsoran bawah laut [3, 4], sebagaimana terlihat pada tsunami Krakatau 1883 dan tsunami 2018 akibat longsoran Gunung Anak Krakatau yang berdampak besar di Lampung Selatan dan Banten [5, 6].

Kabupaten Lampung Selatan merupakan wilayah berisiko tinggi dengan nilai IRBI 151,15, dan Kecamatan Rajabasa menjadi kawasan paling terdampak tsunami 2018 dengan genangan 660,8 hektar dan gelombang 1–3 meter [2, 6]. Dominasi permukiman dan kawasan wisata pesisir meningkatkan keterpaparan terhadap tsunami, sehingga mitigasi melalui penataan ruang, infrastruktur mitigasi, dan peningkatan kapasitas masyarakat menjadi sangat penting [7, 8]. Prinsip ini sejalan dengan *Sendai Framework 2015–2030* yang menekankan pengurangan risiko dalam pembangunan. Dalam konteks tersebut, tata ruang memiliki peran strategis karena ketidaksesuaian pemanfaatan lahan dapat memperbesar risiko bencana [9].

Analisis kesesuaian lahan terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) penting untuk mitigasi tsunami karena ketidaksesuaian pola ruang dapat meningkatkan risiko pesisir. Pemodelan spasial seperti *Cellular Automata* membantu memproyeksikan dinamika lahan dan menilai keselarasan ruang [10, 11], sementara ketidaksesuaian intensitas pemanfaatan lahan meningkatkan kerentanan bencana [12]. Kajian semacam ini masih terbatas di wilayah terdampak seperti Rajabasa, sehingga penelitian ini menilai kesesuaian lahan eksisting terhadap RTRW dan mengintegrasikan WebGIS untuk visualisasi interaktif serta evaluasi fasilitas mitigasi seperti jalur evakuasi dan *breakwater* [13].

Dalam konteks transformasi digital, WebGIS berperan tidak hanya sebagai alat pemetaan tetapi juga sebagai bagian dari tata kelola digital yang memperkuat pengambilan keputusan melalui integrasi data spasial, informasi *real-time*, dan sistem berbasis web untuk meningkatkan respons, koordinasi, dan akuntabilitas manajemen risiko. Pemanfaatan WebGIS dalam penelitian ini mendukung digitalisasi penilaian risiko, pemantauan wilayah, dan penyebaran informasi mitigasi kepada publik. Pendekatan ini sejalan dengan *Sustainable Development Goals* (SDGs) khususnya SDGs 11 dan SDGs 13 karena menggabungkan analisis spasial, tata ruang, dan teknologi digital untuk memperkuat resiliensi pesisir serta mendukung pembangunan yang adaptif terhadap bencana.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Lahan

Lahan merupakan kebutuhan dasar manusia karena seluruh aktivitas seperti permukiman, pertanian, dan kegiatan sosial ekonomi berlangsung di atasnya, sehingga pemanfaatannya tercermin dalam berbagai bentuk penggunaan lahan seperti permukiman, sawah, ladang, dan hutan [14, 15]. Penggunaan lahan mencakup penggunaan umum dan penggunaan terperinci yang ditetapkan berdasarkan syarat teknis serta kondisi sosial

ekonomi wilayah [10]. Perubahan penggunaan lahan terjadi ketika suatu fungsi beralih ke fungsi lain akibat faktor alam maupun aktivitas manusia, termasuk pertumbuhan penduduk, kebutuhan ruang, ekonomi, teknologi, serta kondisi fisik wilayah seperti topografi dan aksesibilitas [16]. Dengan demikian, penggunaan dan perubahan lahan sangat terkait dengan dinamika manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya [17].

## 2.2. Mitigasi Bencana

Bencana adalah peristiwa yang mengancam kehidupan akibat faktor alam, non alam, atau ulah manusia yang menimbulkan korban jiwa serta kerugian lingkungan, material, dan psikologis [18, 19], dengan tsunami sebagai bencana paling destruktif karena gelombang laut besar yang merusak wilayah pesisir [3]. Mitigasi bencana menurut UU No. 24/2007 merupakan upaya pengurangan risiko sebelum bencana melalui tindakan struktural dan non struktural, termasuk kesiapsiagaan dan langkah antisipatif [6, 20], yang di wilayah pesisir dilakukan melalui pembangunan infrastruktur dan penguatan edukasi serta sistem peringatan dini [7, 21], sebagai investasi jangka panjang yang sejalan dengan kerangka internasional pengurangan risiko bencana [7, 22, 23].

## 2.3. WebGIS

WebGIS merupakan pengembangan SIG berbasis web yang memungkinkan pengolahan, analisis, dan penyebaran data spasial secara interaktif serta integrasi data geospasial *real time* dengan akses luas tanpa perangkat lunak SIG konvensional [24]. Dalam kebencanaan, WebGIS efektif untuk pemetaan bahaya, perencanaan evakuasi, identifikasi zona aman, dan penyebaran peringatan dini melalui integrasi citra satelit, penggunaan lahan, peta bahaya, dan topografi yang penting dalam pemodelan tsunami [14, 25, 26]. Pada penelitian ini, WebGIS dimanfaatkan untuk menyajikan analisis kesesuaian lahan dan mitigasi tsunami di Kecamatan Rajabasa secara transparan dan mendukung pengambilan keputusan serta perencanaan tata ruang berbasis risiko.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif berbasis analisis spasial untuk menilai kesesuaian penggunaan lahan eksisting terhadap rencana pola ruang RTRW Kabupaten Lampung Selatan, dengan dukungan data lapangan. Pendekatan ini mengintegrasikan analisis SIG dan observasi lapangan sehingga menghasilkan pemetaan faktual kesesuaian lahan serta implikasinya terhadap mitigasi tsunami [10, 27]. Selain itu, penelitian ini menghasilkan WebGIS interaktif yang dikembangkan menggunakan QGIS serta didukung GitHub dan Netlify untuk memudahkan visualisasi dan akses peta hasil analisis.

### 3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan yang merupakan wilayah pesisir dengan tingkat kerentanan tinggi terhadap bencana tsunami. Secara geografis, wilayah ini berhadapan langsung dengan Gunung Anak Krakatau di Selat Sunda yang menjadi sumber ancaman tsunami tahun 2018. Penelitian ini mencakup tahapan persiapan, survei lapangan, analisis spasial, hingga validasi hasil.

### 3.2. Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data, yaitu data primer dan data sekunder.

- Data primer diperoleh melalui survei lapangan, observasi langsung terhadap kondisi penggunaan lahan dan fasilitas mitigasi bencana yang terdiri dari jalur evakuasi, rambu, titik kumpul, dan *breakwater*, serta wawancara singkat dengan pihak Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) dan perangkat desa setempat.
- Data sekunder meliputi peta penggunaan lahan eksisting, peta rencana pola ruang RTRW Kabupaten Lampung Selatan Tahun 2011–2031, peta bahaya tsunami, peta topografi, dan data geospasial pendukung lainnya dari instansi pemerintah (BNPB, PVMBG, dan Bappeda).

### 3.3. Tahapan Analisis

Proses analisis dilakukan dalam empat tahap utama, yang saling terintegrasi untuk menghasilkan peta kesesuaian penggunaan lahan sebagai dasar perumusan strategi mitigasi bencana tsunami di wilayah pesisir.

- Analisis penggunaan lahan eksisting, dilakukan melalui identifikasi dan klasifikasi berbasis interpretasi citra satelit resolusi tinggi yang diverifikasi dengan survei lapangan. Klasifikasi dilakukan menggunakan digitasi visual *on-screen* untuk menghasilkan peta penggunaan lahan terkini di Kecamatan Rajabasa.

- Analisis rencana pola ruang, meliputi ekstraksi dan digitalisasi peta RTRW Kabupaten Lampung Selatan Tahun 2011–2031, dengan pengolahan peruntukan ruang ke dalam layer terpisah. Tahap ini digunakan sebagai pembandingan penggunaan lahan eksisting untuk mengidentifikasi potensi penyimpangan pemanfaatan ruang.
- Analisis kesesuaian penggunaan lahan, tahap ketiga merupakan inti penelitian berupa *overlay* antara peta penggunaan lahan eksisting dan peta RTRW menggunakan operasi *intersect* di QGIS untuk menghasilkan zona kesesuaian spasial antara kondisi aktual dan rencana tata ruang, yang selanjutnya diklasifikasikan ke dalam kategori kesesuaian.
  - Sesuai: penggunaan lahan eksisting konsisten dengan peruntukan ruang RTRW.
  - Tidak sesuai: penggunaan lahan bertentangan dengan rencana pola ruang dan berpotensi meningkatkan kerentanan bencana.
- Analisis mitigasi bencana tsunami, dilakukan melalui pemetaan fasilitas mitigasi per layer (jalur evakuasi, titik kumpul, rambu, dan *breakwater*) dan analisis *buffer* sesuai pedoman BNPB Nomor 07 Tahun 2015 [28] dan PP Nomor 64 Tahun 2010 [23] dengan jarak 1.300 meter menuju titik kumpul. Hasil *buffer* diintegrasikan dengan peta kesesuaian lahan untuk mengidentifikasi area yang memerlukan penguatan mitigasi [26, 29].
- Validasi dan integrasi data, dilakukan melalui perbandingan hasil *overlay* dengan observasi lapangan dan dokumentasi visual untuk memastikan kesesuaian kondisi faktual, kemudian seluruh hasil analisis diintegrasikan ke dalam peta tematik kesesuaian lahan dan mitigasi bencana sebagai dasar pembahasan.
- Pembuatan WebGIS, dilakukan setelah validasi analisis spasial menggunakan QGIS dan plugin *qgis2web*, kemudian diunggah ke GitHub dan di-*deploy* melalui Netlify agar informasi kesesuaian lahan dan mitigasi tsunami dapat diakses secara interaktif dan mutakhir.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan lahan Kecamatan Rajabasa didominasi hutan rimba (54,27%) dan perkebunan (23,12%), dengan permukiman 3,07%. Kesesuaian terhadap RTRW 2011–2031 mencapai 74,77% (3.998,50 ha), sementara 25,23% (1.349,38 ha) tidak sesuai akibat konversi pertanian dan hutan lindung. Dari sisi mitigasi, ketersediaan *breakwater*, rambu, jalur, dan titik kumpul belum merata serta belum didukung *shelter* vertikal, sehingga penguatan tata ruang dan infrastruktur mitigasi menjadi kunci ketangguhan pesisir.

##### 4.1. Kondisi Penggunaan Lahan Eksisting

Penggunaan lahan Kecamatan Rajabasa didominasi hutan rimba seluas 2.902,14 ha (54,27%) yang berfungsi sebagai kawasan konservasi dan penyangga ekologis. Penggunaan terbesar berikutnya adalah perkebunan 1.236,51 ha (23,12%), diikuti semak belukar 640,06 ha (11,97%). Sementara itu, sawah (3,93%), tegalan/ladang (3,25%), dan permukiman (3,07%) memiliki proporsi relatif kecil, sedangkan penggunaan lain kurang dari 1%. Rincian luasan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Penggunaan Lahan Kecamatan Rajabasa

No	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Persentase (%)
1.	Hutan Rimba	2.902,14	54,27
2.	Perkebunan	1.236,51	23,12
3.	Semak Belukar	640,06	11,97
4.	Sawah	210,26	3,93
5.	Tegalan/Ladang	173,56	3,25
6.	Permukiman	164,26	3,07
7.	Gedung/Bangunan	12,71	0,24
8.	Tambak	6,52	0,12
9.	Tanah Kosong/Gundul	1,86	0,03

Sumber: Hasil Analisis (2025)

Distribusi penggunaan lahan di Kecamatan Rajabasa dipengaruhi oleh faktor alam dan aktivitas manusia sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1, dengan wilayah pesisir banyak dimanfaatkan untuk permukiman dan pariwisata karena fungsinya sebagai akses menuju Gunung Anak Krakatau. Kondisi ini menunjukkan keterkaitan antara dinamika ekonomi lokal, pertumbuhan penduduk, dan peningkatan risiko kebencanaan, di mana kebutuhan lahan mendorong konversi lahan produktif termasuk sempadan pantai menjadi permukiman atau pertanian [30]. Perubahan penggunaan lahan di kawasan pesisir juga cenderung berlangsung lebih cepat dibandingkan wilayah daratan akibat pengaruh perdagangan, pariwisata, dan eksploitasi sumber daya [29], sehingga kondisi eksisting menjadi dasar penting dalam evaluasi kesesuaian RTRW dan perencanaan mitigasi bencana.



Gambar 1. Peta Penggunaan Lahan Kecamatan Rajabasa

Berdasarkan Gambar 1, penggunaan lahan di Kecamatan Rajabasa didominasi oleh hutan dan perkebunan, sementara permukiman dan kawasan terbangun terkonsentrasi di wilayah pesisir. Pola ini menunjukkan tekanan pemanfaatan ruang di zona pesisir yang memiliki tingkat kerentanan tsunami tinggi, sehingga penting sebagai dasar analisis kesesuaian lahan dan mitigasi bencana.

#### 4.2. Rencana Pola Ruang Kecamatan Rajabasa dalam RTRW Kabupaten Lampung Selatan

Rencana pola ruang Kecamatan Rajabasa dalam RTRW Kabupaten Lampung Selatan Tahun 2011–2031 menekankan fungsi konservasi dan pertanian sebagai orientasi utama pemanfaatan ruang. Hasil analisis spasial menunjukkan dominasi pertanian lahan kering seluas 2.853,53 ha (53,41%) dan hutan lindung seluas 2.280,33 ha (42,68%), sementara peruntukan lainnya meliputi sempadan pantai 103,06 ha (1,93%), permukiman 98,83 ha (1,85%), pertambangan 4,52 ha (0,08%), dan pertanian pangan lahan basah 2,57 ha (0,05%). Pola ini mencerminkan upaya perlindungan fungsi ekologis serta penyediaan ruang bagi pertanian masyarakat, sedangkan keberadaan sempadan pantai menunjukkan perhatian terhadap pengurangan risiko pesisir. Namun, alokasi permukiman yang relatif kecil menegaskan perlunya pengendalian ruang yang lebih ketat mengingat Rajabasa termasuk wilayah rawan tsunami dengan tingkat kerentanan tinggi, sebagaimana dirinci pada tabel berikut.

Tabel 2. Rencana Pola Ruang Kecamatan Rajabasa dalam RTRW Kabupaten Lampung Selatan

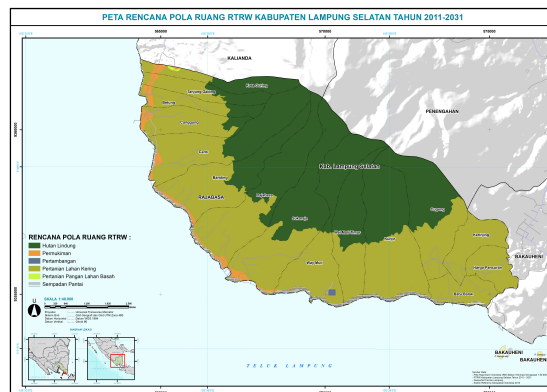
No	Rencana Pola Ruang RTRW	Luas (ha)	Persentase (%)
1.	Pertanian Lahan Kering	2.853,53	53,41
2.	Hutan Lindung	2.280,33	42,68
3.	Sempadan Pantai	103,06	1,93
4.	Permukiman	98,83	1,85
5.	Pertambangan	4,52	0,08
6.	Pertanian Pangan Lahan Basah	2,57	0,05

Sumber: Hasil Analisis (2025)

Secara normatif, rencana pola ruang berlandaskan UU No. 26 Tahun 2007 yang menegaskan RTRW sebagai pedoman pembangunan daerah yang harus selaras dengan RTRWN, RTRWP, dan RPJPD [31]. Namun, berbagai studi menunjukkan bahwa pertumbuhan penduduk, pembangunan infrastruktur, dan ekspansi ekonomi

sering menimbulkan ketidaksesuaian antara rencana dan penggunaan lahan aktual [28, 32]. Kondisi ini juga terjadi di Rajabasa, di mana tekanan pemanfaatan lahan pesisir untuk permukiman, pariwisata, dan pertanian tidak sepenuhnya sesuai dengan peruntukan yang ditetapkan, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.

Dengan demikian, meskipun RTRW telah merumuskan pola ruang yang menekankan pada fungsi konservasi dan keberlanjutan, tantangan implementasi di lapangan memerlukan pengawasan yang lebih ketat, peningkatan sosialisasi kepada masyarakat, serta sinergi lintas sektor. Evaluasi terhadap rencana pola ruang ini juga menjadi penting, mengingat RTRW yang digunakan masih merujuk pada dokumen lama (2011–2031) dan saat ini sedang dalam proses revisi untuk menyesuaikan dengan dinamika terbaru pembangunan wilayah.

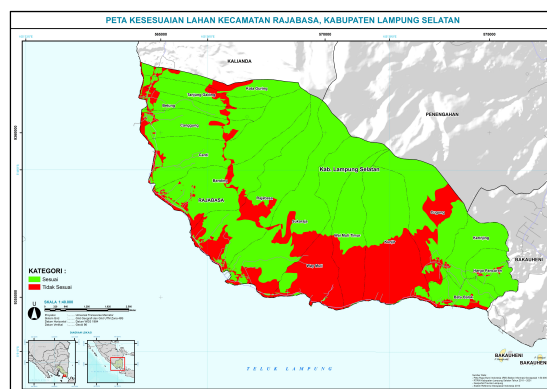


Gambar 2. Peta Rencana Pola Ruang RTRW Kabupaten Lampung Selatan Tahun 2011-2031

Berdasarkan Gambar 2, rencana pola ruang Kecamatan Rajabasa dalam RTRW Kabupaten Lampung Selatan 2011–2031 didominasi oleh kawasan hutan lindung dan pertanian, sementara peruntukan permukiman relatif terbatas di wilayah pesisir. Pola ini menunjukkan arah kebijakan yang menekankan fungsi konservasi dan pengendalian pemanfaatan ruang pada kawasan rawan bencana.

#### 4.3. Kesesuaian Guna Lahan Eksisting dengan Rencana Pola Ruang

Kesesuaian penggunaan lahan digunakan untuk menilai keselarasan pemanfaatan ruang aktual dengan RTRW melalui *overlay* peta penggunaan lahan eksisting dan RTRW Kabupaten Lampung Selatan 2011–2031. Hasil analisis menunjukkan 74,77% (3.998,50 ha) lahan sesuai dan 25,23% (1.349,38 ha) tidak sesuai, yang tergolong signifikan terutama pada kawasan strategis ekologi dan mitigasi bencana. Ketidakesuaian utama meliputi konversi pertanian lahan kering menjadi hutan rimba (771,02 ha atau 14,42%), sawah (186,73 ha atau 3,49%), serta alih fungsi hutan lindung menjadi perkebunan (93,27 ha atau 1,74%), sebagaimana ditunjukkan pada peta dan tabel berikut.



Gambar 3. Peta Kesesuaian Lahan Kecamatan Rajabasa

Berdasarkan Gambar 3, sebagian besar wilayah Kecamatan Rajabasa tergolong sesuai dengan rencana pola ruang RTRW, yang ditunjukkan oleh dominasi area berwarna hijau. Sementara itu, area tidak sesuai

terlihat terkonsentrasi terutama di wilayah pesisir dan beberapa zona strategis, yang mengindikasikan adanya penyimpangan pemanfaatan ruang pada kawasan yang berpotensi rawan bencana.

Tabel 3. Kesesuaian Lahan Kecamatan Rajabasa

No	Kesesuaian	Luas (ha)	Persentase (%)
1.	Sesuai	3.998,50	74,77
2.	Tidak Sesuai	1.349,38	25,23

Sumber: Hasil Analisis (2025)

Berdasarkan Tabel 3, kesesuaian penggunaan lahan di Kecamatan Rajabasa mencapai 74,77% (3.998,50 ha), sedangkan 25,23% (1.349,38 ha) tidak sesuai dengan RTRW. Ketidaksesuaian ini dipicu dinamika sosial-ekonomi, lemahnya penegakan RTRW [30], serta tekanan sempadan pantai yang meningkatkan kerentanan tsunami, sejalan dengan temuan [13, 29, 33], sehingga diperlukan pengawasan dan pengendalian tata ruang yang lebih kuat untuk mendukung mitigasi risiko.

#### 4.4. Mitigasi Bencana Tsunami

Mitigasi tsunami dilakukan melalui peningkatan kapasitas masyarakat, sistem peringatan dini, serta pengaturan penggunaan lahan berbasis RTRW dan zonasi [34]. Penataan ruang pesisir berperan penting dalam melindungi permukiman, sementara degradasi kawasan lindung dapat meningkatkan kerentanan bencana [32, 35]. Mitigasi tsunami perlu mengombinasikan pendekatan struktural seperti *breakwater* dan jalur evakuasi dengan strategi non-struktural berupa dokumen risiko dan edukasi kebencanaan [7, 23]. Di Kecamatan Rajabasa, *breakwater* yang dibangun pasca tsunami 2018 efektif meredam gelombang hingga ketinggian tertentu, namun tetap berisiko jika gelombang melampaui struktur [26], sehingga perlu didukung penataan ruang dan mitigasi berbasis risiko. Keberadaan *breakwater* tersebut sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Breakwater* di Kecamatan Rajabasa

Mitigasi struktural di Kecamatan Rajabasa mencakup penyediaan rambu, jalur, dan tempat evakuasi sebagai upaya penyelamatan saat bencana [36]. Rambu bencana berfungsi sebagai penanda peringatan dan arahan menuju lokasi aman sesuai Perka BNPB Nomor 07 Tahun 2015 [29]. Di Rajabasa, rambu evakuasi dipasang pada beberapa persimpangan strategis yang sering dilalui masyarakat dan pengunjung, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5, sehingga mendukung proses evakuasi menuju titik kumpul. Sebagian besar rambu telah mengacu pada SNI 7743:2011 dengan simbol dan arah yang mudah dipahami, meskipun beberapa masih belum mencantumkan informasi tujuan dan jarak evakuasi secara lengkap.



Gambar 5. Rambu Evakuasi di Kecamatan Rajabasa

Berdasarkan hasil observasi, seluruh desa di Kecamatan Rajabasa telah dilengkapi rambu evakuasi yang mengarahkan masyarakat menuju jalur dan tempat evakuasi. Sebagian besar jalur evakuasi sudah menggunakan jalan cor beton sehingga mudah dilalui oleh seluruh lapisan masyarakat. Namun, masih terdapat jalur yang kondisinya berbatu, seperti di Desa Kunjir, sehingga menyulitkan mobilitas terutama bagi kelompok rentan dan memerlukan perbaikan. Kondisi jalur evakuasi di Kecamatan Rajabasa ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Jalur Evakuasi di Kecamatan Rajabasa

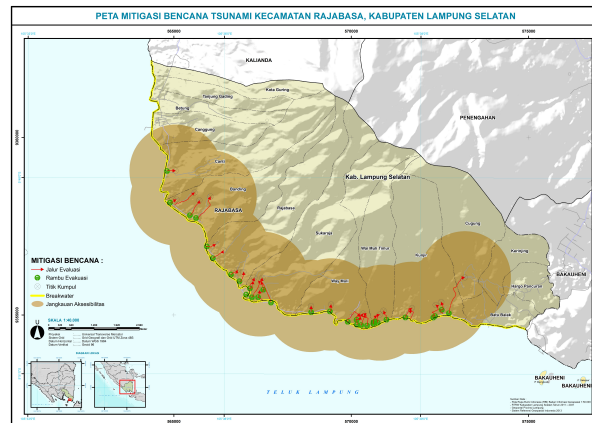
Gambar 7 menunjukkan kondisi hunian tetap (huntap) di Kecamatan Rajabasa yang dimanfaatkan sebagai lokasi evakuasi sementara. Kondisi jalur evakuasi memengaruhi kecepatan dan kemudahan masyarakat, terutama kelompok rentan, di mana jalan berbatu lebih menyulitkan dibandingkan jalan cor beton. Tempat evakuasi tersedia di setiap desa dengan arah menuju Gunung Rajabasa, umumnya berupa lapangan terbuka dan huntap. Namun, Kecamatan Rajabasa belum memiliki bangunan khusus sebagai titik kumpul karena sebagian besar lokasi evakuasi berada di lahan milik warga, berdasarkan wawancara dengan BPBD.



Gambar 7. Kondisi Huntap (Hunian Tetap) di Kecamatan Rajabasa

Akses menuju titik evakuasi merupakan aspek krusial dalam penyelamatan diri karena kondisi jalan yang baik mempercepat pergerakan masyarakat menuju lokasi aman. Mitigasi struktural di Kecamatan Rajabasa meliputi pembangunan *breakwater*, penyediaan rambu dan jalur evakuasi, serta penetapan titik kumpul yang umumnya berupa lapangan terbuka karena belum tersedianya bangunan evakuasi permanen. Setiap titik kumpul memiliki cakupan pelayanan hingga 1.300 meter atau waktu tempuh sekitar 21 menit berjalan kaki, sesuai standar evakuasi tsunami [30, 37]. Sebaran fasilitas mitigasi tersebut secara spasial ditunjukkan pada Gambar 7, yang menggambarkan jangkauan pelayanan titik kumpul dan keterhubungannya dengan jalur evakuasi di Kecamatan Rajabasa.

Ketersediaan fasilitas kebencanaan meningkatkan efektivitas evakuasi dan akses menuju lokasi aman, termasuk bagi kelompok rentan, serta dapat dimanfaatkan oleh masyarakat di luar wilayah administratif Rajabasa. Selain itu, keberadaan *breakwater* berperan mengurangi potensi kerusakan permukiman dan fasilitas umum akibat tsunami, sehingga memberikan manfaat fisik dan ekonomi bagi masyarakat pesisir. Persebaran *breakwater*, jalur evakuasi, rambu, dan titik kumpul di Kecamatan Rajabasa ditampilkan pada peta berikut.



Gambar 8. Peta Mitigasi Bencana Tsunami Kecamatan Rajabasa

Gambar 8 menunjukkan persebaran *breakwater*, jalur evakuasi, rambu, dan titik kumpul di Kecamatan Rajabasa beserta jangkauan evakuasi hingga 1.300 meter, yang digunakan untuk menilai kecukupan dan pemerataan fasilitas mitigasi tsunami.

#### 4.5. Pengembangan WebGIS

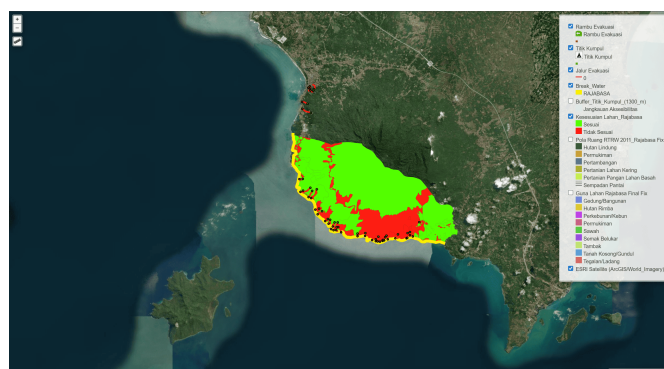
WebGIS yang dikembangkan pada penelitian ini berfungsi sebagai platform interaktif untuk menyajikan informasi spasial terkait kesesuaian lahan dan infrastruktur mitigasi tsunami di Kecamatan Rajabasa. WebGIS ini dapat diakses melalui tautan: <https://webgis-rajabasa.netlify.app/>. Platform tersebut dirancang untuk meningkatkan aksesibilitas data dan mendukung proses pengambilan keputusan berbasis spasial oleh pemerintah daerah, BPBD, pemangku kepentingan desa, serta masyarakat pesisir. Dengan menggabungkan beberapa layer tematik, WebGIS mampu menampilkan kondisi aktual wilayah maupun hasil analisis spasial secara komprehensif. WebGIS ini memuat sejumlah layer utama yang relevan untuk analisis mitigasi tsunami, yaitu:

- Rambu evakuasi, menampilkan lokasi rambu evakuasi yang telah dipasang sebagai penanda arah penyelamatan diri. Layer ini berfungsi untuk menilai kelengkapan informasi visual bagi masyarakat saat terjadi tsunami.
- Titik kumpul, berisi lokasi titik kumpul resmi yang menjadi tujuan akhir evakuasi. Informasi ini penting dalam menentukan keterjangkauan masyarakat dari area rawan menuju area aman.
- Jalur evakuasi, menunjukkan rute evakuasi yang dapat digunakan masyarakat saat terjadi tsunami. Analisis distribusi dan konektivitas jalur evakuasi membantu melihat apakah jalur tersebut sudah optimal dan merata.
- *Breakwater*, menampilkan lokasi struktur pemecah gelombang yang ada maupun yang direncanakan. Layer ini menjadi indikator proteksi fisik di wilayah pesisir, terutama untuk desa yang memiliki paparan langsung ke laut.
- *Buffer* titik kumpul, layer *buffer* dibuat untuk menganalisis jangkauan titik kumpul berdasarkan radius 1300 meter. Informasi ini digunakan untuk menilai apakah permukiman berada dalam area jangkauan aman.
- Kesesuaian lahan, merupakan hasil analisis multi-parameter yang mencakup elevasi, kemiringan lereng, penggunaan lahan, dan jarak dari pantai. Layer ini berfungsi mengidentifikasi lokasi prioritas pengembangan infrastruktur mitigasi tsunami.
- Rencana Pola Ruang (RTRW), menampilkan rencana peruntukan ruang formal yang ditetapkan pemerintah daerah. Integrasi RTRW dengan hasil kesesuaian lahan penting untuk menilai konsistensi antara rencana tata ruang dan kebutuhan mitigasi.

- Guna lahan eksisting, menyajikan kondisi penggunaan lahan aktual seperti permukiman, lahan kosong, fasilitas umum, dan area lindung. Layer ini digunakan untuk membandingkan kondisi eksisting dengan rekomendasi kesesuaian lahan.

WebGIS berbasis citra satelit ESRI menyajikan kondisi fisik dan layer mitigasi tsunami secara interaktif di Kecamatan Rajabasa. Hasil visualisasi menunjukkan perlunya penguatan infrastruktur mitigasi, khususnya di Desa Rajabasa dan Way Muli yang berpenduduk padat namun belum terlayani rambu dan titik kumpul secara optimal. Analisis *buffer* mengindikasikan masih adanya permukiman di luar radius aman, sehingga diperlukan penambahan titik kumpul dan jalur evakuasi baru pada lahan ber-elevasi lebih tinggi dan relatif kosong agar tidak menimbulkan konflik pemanfaatan ruang.

Perbandingan analisis spasial dengan RTRW menunjukkan ketidaksesuaian, terutama pada zona rawan tsunami yang masih dialokasikan sebagai permukiman, sehingga menjadi dasar penting bagi penyesuaian pola ruang berbasis risiko. Layer *breakwater* memperlihatkan perlindungan fisik pesisir yang masih terbatas pada lokasi tertentu, menyebabkan beberapa desa di sepanjang Selat Sunda memiliki tingkat paparan gelombang lebih tinggi. Temuan ini menegaskan peran WebGIS dalam mengidentifikasi kebutuhan peningkatan infrastruktur dan mendukung evaluasi spasial untuk mitigasi tsunami.



Gambar 9. WebGIS Kesesuaian Lahan dan Mitigasi Bencana Tsunami Kecamatan Rajabasa

Gambar 9 menampilkan WebGIS kesesuaian lahan dan mitigasi bencana tsunami di Kecamatan Rajabasa berbasis citra satelit ESRI yang menyajikan integrasi layer penggunaan lahan, RTRW, serta fasilitas mitigasi secara interaktif. Visualisasi ini menunjukkan sebaran area sesuai dan tidak sesuai RTRW, lokasi *breakwater*, jalur dan titik kumpul evakuasi, serta hasil analisis *buffer* jangkauan evakuasi, sehingga memudahkan identifikasi wilayah yang masih membutuhkan penguatan infrastruktur dan penyesuaian penataan ruang berbasis risiko tsunami.

#### 4.6. Diskusi

Transformasi spasial di Kecamatan Rajabasa menunjukkan ketidaksesuaian pemanfaatan lahan yang umum terjadi di wilayah pesisir Indonesia, terutama alih fungsi pertanian dan hutan menjadi kawasan terbangun dan pariwisata yang tidak sejalan dengan prinsip pengendalian ruang [10, 19]. Ketidaksesuaian antara kondisi aktual dan RTRW Lampung Selatan mengindikasikan persoalan tata kelola ruang, termasuk lemahnya pengawasan serta kurangnya integrasi kebijakan lingkungan dan pembangunan [37], sebagaimana juga ditemukan di Purworejo [17]. WebGIS yang dikembangkan dalam penelitian ini menegaskan ketimpangan spasial tersebut, karena sejumlah permukiman tetap berkembang di zona rawan tsunami, sejalan dengan temuan bahwa ekspansi permukiman tanpa regulasi meningkatkan keterpaparan pesisir. Integrasi layer kesesuaian lahan dan penggunaan lahan juga menunjukkan bahwa beberapa zona dengan tingkat kesesuaian tinggi untuk titik kumpul atau jalur evakuasi belum dimanfaatkan secara optimal, padahal sebagian merupakan lahan kosong yang dapat dikembangkan tanpa konflik pemanfaatan ruang [28, 35].

Analisis WebGIS menunjukkan ketidaksesuaian antara RTRW dan kondisi aktual, karena beberapa area di zona bahaya tsunami masih dialokasikan sebagai permukiman dalam rencana ruang, sejalan dengan temuan [6] dan [5] bahwa fragmentasi kebijakan, lemahnya koordinasi, dan karena belum dilakukan penge-sahan pada revisi RTRW membuat dokumen tata ruang tidak sesuai dengan risiko terbaru [18]. Temuan ini

menegaskan pentingnya integrasi peta bahaya dan analisis spasial dalam pembaruan RTRW [9]. Selain itu, WebGIS mengungkap distribusi infrastruktur mitigasi yang belum merata, karena rambu, jalur, titik kumpul, dan *breakwater* cenderung terkonsentrasi di kawasan wisata dan pusat aktivitas, sebagaimana juga terjadi di Pangandaran dan Jember [8, 30]. Analisis *buffer* menunjukkan sebagian permukiman berada di luar jangkauan aman sehingga berpotensi menghambat evakuasi, sementara beberapa rambu belum sepenuhnya memenuhi standar Perka BNPB Nomor 07 Tahun 2015. Hal ini menegaskan perlunya pembaruan dan penataan ulang infrastruktur mitigasi berdasarkan peta kesesuaian lahan dan peta risiko yang lebih akurat.

Pendekatan mitigasi di Rajabasa perlu menggabungkan strategi struktural dan non-struktural, karena infrastruktur fisik seperti *breakwater*, jalur evakuasi, dan *shelter* harus didukung edukasi kebencanaan, peningkatan kapasitas masyarakat, dan pemetaan partisipatif untuk membangun ketangguhan komunitas. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendidikan kebencanaan meningkatkan kesiapsiagaan rumah tangga dan komunitas [22], sejalan dengan praktik internasional yang menekankan integrasi ketangguhan fisik dan sosial dalam pengurangan risiko [9, 26]. Secara teoretis, penelitian ini memperkuat konsep ketangguhan spasial yang mengempatkan konsistensi kebijakan, efektivitas infrastruktur, dan keterlibatan masyarakat sebagai fondasi ketangguhan kawasan. Dari sisi kebijakan, temuan ini menegaskan perlunya revisi RTRW berkala, koordinasi yang lebih kuat antara Bappeda, BPBD, dan ATR/BPN, serta pengarusutamaan pengetahuan lokal dalam strategi mitigasi. Integrasi WebGIS dalam penelitian ini menunjukkan bagaimana data spasial yang komprehensif dapat meningkatkan akurasi analisis risiko dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih adaptif terhadap ancaman tsunami.

## 5. IMPLIKASI MANAJERIAL

Hasil penelitian ini memberikan implikasi manajerial bagi pemerintah daerah, khususnya Bappeda dan BPBD Kabupaten Lampung Selatan, untuk memperkuat pengambilan keputusan berbasis spasial dalam pengelolaan tata ruang dan mitigasi tsunami. Pemanfaatan WebGIS sebagai platform terpadu memungkinkan pemantauan kesesuaian penggunaan lahan, distribusi infrastruktur mitigasi, serta jangkauan evakuasi secara real time, sehingga dapat mendukung penegakan RTRW, penentuan prioritas pembangunan jalur dan titik evakuasi, serta perencanaan lokasi *shelter* yang lebih efektif. Secara strategis, WebGIS juga dapat dijadikan alat koordinasi lintas sektor dan media transparansi informasi kebencanaan bagi masyarakat. Pendekatan ini sejalan dengan pencapaian SDGs 11 (*Sustainable Cities and Communities*) melalui penguatan ketangguhan wilayah pesisir berbasis tata ruang yang aman, serta SDGs 13 (*Climate Action*) dengan mendukung pengurangan risiko bencana dan peningkatan kesiapsiagaan terhadap dampak perubahan iklim dan kejadian ekstrem seperti tsunami.

## 6. KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan bahwa kesesuaian antara pemanfaatan lahan eksisting dan RTRW merupakan fondasi penting dalam membangun ketangguhan bencana di wilayah pesisir. Hasil analisis di Kecamatan Rajabasa menunjukkan masih adanya ketidaksesuaian pemanfaatan ruang, terutama pada kawasan dalam zona bahaya tsunami. Kondisi ini mencerminkan lemahnya pengendalian pemanfaatan ruang serta belum optimalnya integrasi antara pengelolaan lingkungan dan mitigasi bencana, sebagaimana juga terjadi di banyak wilayah pesisir Indonesia yang terdampak tekanan pembangunan dan pariwisata.

Integrasi hasil analisis melalui WebGIS memberikan gambaran komprehensif mengenai keterpaparan wilayah dan kapasitas mitigasinya. WebGIS mampu menampilkan layer tematik seperti rambu, jalur dan titik kumpul evakuasi, *breakwater*, *buffer* titik kumpul, kesesuaian lahan, pola ruang, dan penggunaan lahan eksisting sehingga memperlihatkan bahwa infrastruktur mitigasi belum merata dan beberapa permukiman berada di luar jangkauan layanan evakuasi. Temuan ini menegaskan perlunya penataan infrastruktur mitigasi yang lebih strategis dan berbasis analisis spasial untuk mendukung perlindungan wilayah pesisir Rajabasa.

Selain itu, konsistensi antara RTRW dan kondisi aktual juga terbukti belum memadai, karena beberapa zona berisiko tinggi masih dialokasikan sebagai permukiman atau kawasan terbangun. Kondisi ini menunjukkan perlunya pembaruan RTRW berbasis peta bahaya dan analisis geospasial terbaru, dengan WebGIS sebagai instrumen pendukung karena menyediakan data yang transparan dan mudah diperbarui. Untuk memperkuat ketangguhan spasial, dibutuhkan pembaruan RTRW berbasis risiko, peningkatan koordinasi kelembagaan, serta pemberdayaan masyarakat melalui edukasi dan simulasi evakuasi. Penguatan mitigasi struktural seperti *breakwater* perlu berjalan seiring dengan peningkatan kapasitas sosial, sesuai arahan dalam Rencana In-

duk Penanggulangan Bencana Nasional 2015–2045 dan upaya penerapan mitigasi tsunami berbasis teknologi.


## 7. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis WebGIS di Kecamatan Rajabasa, disarankan agar pemerintah daerah melakukan revisi RTRW secara berkala dengan mengintegrasikan peta bahaya tsunami dan hasil kesesuaian lahan agar pemanfaatan ruang lebih adaptif terhadap risiko. Pengembangan infrastruktur mitigasi seperti jalur evakuasi, titik kumpul, rambu evakuasi, dan *breakwater* perlu diperluas pada wilayah yang belum terlayani, terutama permukiman yang berada di luar jangkauan aman. WebGIS yang telah dikembangkan juga perlu dimanfaatkan secara berkelanjutan sebagai alat pendukung keputusan oleh BPBD, Bappeda, dan pemerintah desa, termasuk melalui pembaruan data rutin dan pemanfaatannya sebagai media edukasi kebencanaan. Selain itu, koordinasi antar instansi harus diperkuat untuk memastikan keselarasan kebijakan spasial dan integrasi data. Upaya struktural tersebut perlu dilengkapi dengan peningkatan kesiapsiagaan masyarakat melalui pendidikan kebencanaan, simulasi evakuasi, dan melibatkan komunitas dalam perencanaan partisipatif guna membangun ketangguhan pesisir secara komprehensif.

## 8. DEKLARASI

### 8.1. Tentang Penulis

Fachri Muhammad Rasyid (FM)  <https://orcid.org/0009-0000-8454-2074>

Jamaludin (JJ)  <https://orcid.org/0009-0007-4756-0936>

### 8.2. Kontribusi Penulis

Konseptualisasi: FM; Metodologi: JJ; Perangkat Lunak: FM; Validasi: JJ dan FM; Analisis Formal: JJ dan FM; Investigasi: JJ; Sumber daya: FM; Kurasi Data: JJ; Penulisan Draf Awal: FM dan JJ; Peninjauan dan Penyuntingan Tulisan: FM dan JJ; Visualisasi: FM; Semua penulis, FM, dan JJ, telah membaca dan menyetujui naskah yang telah diterbitkan.

### 8.3. Pernyataan Ketersediaan Data

Data yang disajikan dalam studi ini tersedia atas permintaan dari penulis terkait.

### 8.4. Pendanaan

Penulis menyampaikan apresiasi kepada Institut Teknologi Sumatera (ITERA), khususnya Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan, atas dukungan kelembagaan yang diberikan. Ucapan terima kasih khusus juga disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) ITERA atas dukungan pendanaan melalui Program Hibah Penelitian Berbasis Kepakaran dengan Nomor Kontrak 1998e/IT9.2.1/PT.01.03/2025. Apresiasi juga diberikan kepada seluruh individu dan lembaga yang telah berkontribusi dalam penyediaan data, wawasan, serta bantuan teknis selama proses penelitian di Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan.

### 8.5. Deklarasi Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki konflik kepentingan, konflik kepentingan finansial yang diketahui, atau hubungan pribadi yang dapat memengaruhi pekerjaan yang dilaporkan dalam makalah ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Maulidah, E. A. Saepudin, S. Azzahra, A. H. Afrilian, I. Ramadani, and N. Q. A'yun, "Kebijakan manajemen bencana dan peran teknologi dalam mitigasi resiko," *Journal of Multidisciplinary Inquiry in Science, Technology and Educational Research*, vol. 2, no. 1b, pp. 1283–1290, 2025.
- [2] ANTARA News, "Bpbd probolinggo berikan bantuan korban terdampak angin kencang," Online news article, 2026, diakses dari antaranews.com. [Online]. Available: <https://jatim.antaranews.com/berita/992297/bpbd-probolinggo-berikan-bantuan-korban-terdampak-angin-kencang>
- [3] D. A. Khotivi, D. Kagungan, and M. Meiliyana, "Strategi pengembangan wisata pulau tegal mas desa gebang pesawaran lampung pasca pandemi (studi pada dinas pariwisata kabupaten pesawaran)," *Jurnal Administrativa*, vol. 7, no. 2, pp. 252–272, 2025.

- [4] A. M. Qatrunada, Y. Rahman, and A. M. Asbi, "Arahan mitigasi bencana tsunami di objek wisata pantai tanjung setia kabupaten pesisir barat," *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, vol. 3, no. 5, pp. 314–327, 2023.
- [5] T. Thio Haikal Anugerah, A. Muhammad Akib, and T. HS Tisnanta, "Analisis kebijakan resettlement dalam penanggulangan bencana alam di lampung selatan," *Jurnal IUS Kajian Hukum dan Keadilan*, vol. 9, no. 1, pp. 52–62, 2021.
- [6] K. Khaliq, A. Asrifai, and S. Bahri, "Dinamika collaborative governance dalam penanganan bencana alam gempa bumi dan tsunami donggala," *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, vol. 2, no. 2, pp. 444–465, 2025.
- [7] A. M. Aziz, L. Aryani, and L. Rismawati, "Peran nilai-nilai pendidikan agama islam dalam pendidikan mitigasi dan adaptasi perubahan iklim," *Jurnal Pendidikan, Kepelatihan, Olahraga, dan Kesehatan*, vol. 1, no. 2, pp. 169–181, 2025.
- [8] M. Mahfudz, R. R. Admawidjaja, and Y. Firmansyah, "Peta jalur evakuasi bencana tsunami di wilayah pesisir kabupaten pangdaran berbasis sistem informasi geografis," *Majalah Ilmiah Globe*, vol. 26, no. 1, pp. 31–40, 2024.
- [9] R. Shafa'Rohani, A. Ghofur, and A. Rofieq, "Pemetaan perubahan penggunaan lahan desa sirnajati tahun 2014-2024 menggunakan pendekatan sig," *An-Nizam*, vol. 4, no. 1, pp. 274–280, 2025.
- [10] M. S. A. Hapsary, S. Subiyanto, and H. S. Firdaus, "Analisis prediksi perubahan penggunaan lahan dengan pendekatan artificial neural network dan regresi logistik di kota balikpapan," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 10, no. 2, pp. 88–97, 2021.
- [11] R. NURHADI *et al.*, "Analisis perubahan tutupan lahan menggunakan google earth engine dan pemodelan cellular automata artificial neural network di kabupaten wonogiri," Ph.D. dissertation, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, 2025.
- [12] H. R. Sari, M. Y. N. Khakim *et al.*, "Penggunaan sistem informasi geografis (sig) dalam analisis daya dukung lahan berbasis kemampuan lahan (studi kasus: Wilayah lahan kabupaten banyuasin tahun 2023)," *Jurnal Pendidikan Indonesia*, vol. 6, no. 7, pp. 3218–3237, 2025.
- [13] A. Simanjuntak, A. Sutarman, S. A. Anjani, and A. Nuche, "Integrating artificial intelligence in e-learning for organizational well-being through orange technology mapping," *IAIC Transactions on Sustainable Digital Innovation (ITSDI)*, vol. 7, no. 1, pp. 13–26, 2025.
- [14] Y. PRATAMA *et al.*, "Analisis kesesuaian penggunaan tanah terhadap rencana tata ruang wilayah di daerah rawan banjir (studi di kecamatan tembilahan, kabupaten indragiri hilir, provinsi riau)," Ph.D. dissertation, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, 2025.
- [15] B. Tiara, J. Suwita, T. Nurhaeni, A. Asmawati, D. Apriliasari, S. A. Anjani *et al.*, "Blockchain trust and risk perception influencing millennial cryptocurrency investment decisions," in *2025 4th International Conference on Creative Communication and Innovative Technology (ICCICT)*. IEEE, 2025, pp. 1–7.
- [16] U. Rahardja, M. L. Daeli, S. A. Anjani, L. Pasha, A. Asri, and H. Zainarthu, "Enhancing trust and efficiency in e-commerce transactions through blockchain ai synergy," *ADI Journal on Recent Innovation*, vol. 7, no. 1, pp. 25–37, 2025.
- [17] S. Asfiati and Z. Zurkiyah, "Pola penggunaan lahan terhadap sistem pergerakan lalu lintas di kecamatan medan perjuangan, kota medan," in *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, vol. 4, no. 1, 2021, pp. 206–216.
- [18] A. Dhohirrobbi, M. M. Islamudin, N. Chamidah, and S. Amin, "Membangun kesadaran siswa tentang mitigasi bencana gempa bumi melalui program edukasi," *Jurnal Pengabdian Nasional (JPN) Indonesia*, vol. 6, no. 1, pp. 114–122, 2024.
- [19] B. Azizah, "Penilaian indeks kerentanan bencana banjir bandang berbasis sig di sub das air betung kota pagar alam," *Jurnal Ilmiah Teknosains*, vol. 10, no. 2/Nov, pp. 42–49, 2024.
- [20] D. Putri, A. M. Umah, A. A. Fadilah, E. D. Cahya, A. N. Ristanti, and A. Susilo, "Dampak literasi kebencanaan terhadap kesiapsiagaan peserta didik dalam mitigasi bencana banjir: Studi di mtsn 4 magetan," *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, vol. 13, no. 1, pp. 78–86, 2025.
- [21] E. S. Soedjono, B. A. Marhendra, I. Arliyani, A. F. Nisaa, D. R. Radita, M. B. P. Pratama, and N. Fitriani, *Sanitasi di Kawasan Pesisir dan Pulau Pulau kecil di Indonesia*. Media Nusa Creative (MNC Publishing), 2025.
- [22] I. Shantilawati, O. I. Suri, R. A. Sunarjo, S. A. Anjani, and D. Robert, "Unveiling new horizons: Ai-driven decision support systems in hrm-a novel bibliometric perspective," *Aptisi Transactions on Technopreneur-*

- ship (ATT), vol. 7, no. 1, pp. 252–263, 2025.
- [23] A. A. Kuntoro, R. Audrienne, R. S. Wicaksono, A. A. Kholik, V. C. Purnama, F. Kedafota, W. Widodo, S. A. Permana, M. Farid, M. B. Adityawan *et al.*, “Pengembangan sistem penyediaan air bersih pedesaan di desa wai u, kecamatan mangoli tengah, kabupaten kepulauan sula, provinsi maluku utara,” *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*, vol. 11, no. 1, pp. 133–144, 2025.
- [24] M. N. Munywoki and K. Singh, “A web-based gis application to optimize the customer onboarding for a utility company,” *South African Journal of Geomatics*, vol. 14, no. 1, pp. 25–37, 2025.
- [25] R. Supriati, S. A. Anjani, R. W. Anugrah, R. McCarthy *et al.*, “Enhancing network security with quantum cryptography: A study on future-proofing computer networks against quantum attacks,” *Journal of Computer Science and Technology Application*, vol. 2, no. 1, pp. 24–35, 2025.
- [26] H. H. Sakti, Y. Radhinal, M. Isra, M. Fakhruddin, and N. Wahyuni, “Pemanfaatan web-based geographic information system (gis) dalam penanggulangan bencana banjir kabupaten bulukumba,” *Journal of Green Complex Engineering*, vol. 1, no. 2, pp. 59–68, 2024.
- [27] A. N. Afifah and B. Hariyanto, “Analisis daya dukung lahan hayati berdasarkan hasil produksi tanaman pangan di kabupaten jombang,” *Swara Bhumi*, vol. 2, no. 2, 2025.
- [28] L. R. P. Maharanti, J. Juhadi, E. Banowati, and W. A. B. N. Sidiq, “Dampak spasial kawasan industri terpadu batang terhadap alih fungsi lahan dan implikasinya bagi perencanaan tata ruang,” *Geomedia Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*, vol. 23, no. 2, pp. 1–19, 2025.
- [29] I. Kadir, D. N. Yusuf *et al.*, “The analisis kesesuaian penggunaan lahan kawasan permukiman di kecamatan kendari berbasis spasial,” *Jurnal Perencanaan Wilayah*, vol. 9, no. 1, pp. 18–24, 2024.
- [30] N. P. Sulistyadewi, G. Sastrawangsa, and R. Wulandari, “Perancangan sistem task management pada cv. balinet intermedia menggunakan mvc (model-view-controller),” *Technomedia Journal*, vol. 8, no. 2 Oktober, pp. 154–169, 2023.
- [31] R. Rahman, A. Bramana, R. Suharti, and H. Irawan, “Analisis vegetasi mangrove berdasarkan faktor lingkungan perairan di kawasan pesisir kabupaten pati,” *Buletin Oseanografi Marina*, vol. 14, no. 1, pp. 49–60, 2025.
- [32] W. Utami, “Analisis rencana tata ruang wilayah pada wilayah pesisir rawan tsunami (studi pesisir aceh, banten dan palu),” 2021.
- [33] A. I. Marlina, E. Sarjanti, and S. Sutomo, “Kajian tingkat kesesuaian penggunaan lahan terhadap rencana tata ruang wilayah dalam upaya mitigasi bencana di kecamatan baturraden kabupaten banyumas,” *Proceedings Series on Social Sciences & Humanities*, vol. 6, pp. 105–110, 2022.
- [34] D. Sapitri and R. Pancasasti, “Efek moderasi budaya organisasi untuk peningkatan kinerja karyawan,” *Technomedia Journal*, vol. 6, no. 2 Februari, pp. 252–262, 2022.
- [35] M. Suranto and Y. Nurhuda, “Kontribusi design sampan terhadap konservasi mangrove dalam pemberdayaan masyarakat pesisir kabupaten bengkalis,” *Jurnal Malikussaleh Mengabdi*, vol. 4, no. 02, pp. 314–322, 2025.
- [36] M. R. Anwar, M. Hardini, and M. Anggraeni, “Review of responsive design concept based on framework materialize on the website,” *ADI Journal on Recent Innovation*, vol. 3, no. 1, pp. 59–66, 2021.
- [37] J. Jumadi, K. D. Priyono, C. Amin, A. Saputra, C. Gomez, K.-C. Lam, A. Rohman, N. Patel, F. Sattar, M. Nawaz *et al.*, “Tsunami risk mapping and sustainable mitigation strategies for megathrust earthquake scenario in pacitan coastal areas, indonesia,” *Sustainability*, vol. 17, no. 6, p. 2564, 2025.
-